چه کسی؟ چه وقت؟ چه چیزی را؟ کشف کرد؟

دیوید الیارد

ترجمه: بهرام معلمی

قلمرو علم

چه کسی،
چه وقت،
چه چیزی را
کشف کرد؟

چه کسی؟
چه وقت؟
چه چیزی را؟
کشف کرد؟

دیوید الیارد

ترجمه‌ی بهرام معلمی

انتشارات مازیار

سرشناسه : الیارد، دیوید Ellyard, David
عنوان و نام پدیدآور : چه کسی، چه وقت، چه چیزی را کشف کرد/ دیوید الیارد؛ ترجمه‌ی بهرام معلمی.
مشخصات نشر : تهران: مازیار، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری : ٦٤٠ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک : ۹۷۸-٦۰۰-٦۰٤۳-۱٤-۲
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
یادداشت : عنوان اصلی: who discovered what when,2005.
یادداشت : نمایه.
موضوع : اکتشاف‌های علمی -- تاریخ -- مسائل متفرقه
شناسه افزوده : معلمی، بهرام، ۱۳۲٤ - ، مترجم
رده بندی کنگره : ۱۳۹۰ ۷ الف ۹ الف/ T ۲۷
رده بندی دیویی : ٦۰۸/۷۵۵
شماره کتابشناسی ملی : ۲۷۰۷٦٤۳

www.mazyarpub.com

انتشارات مازیار

مقابل دانشگاه تهران، ساختمان ظروفچی طبقه اول، واحد ٤، تلفن ٦٦٤٦٢٤٢١

چه کسی، چه وقت، چه چیزی را کشف کرد
دیوید الیارد
ترجمه‌ی بهرام معلمی
چاپ اول ۱۳۹۲
شمارگان ۲۲۰۰
حروفنگار زهرا پارسا
طرح جلد و صفحه‌آرایی آتلیه تردید
لیتوگرافی خاورمیانه
چاپ دالاهو
صحافی المهدی
شابک ۹۷۸-٦۰۰-٦۰٤۳-۱٤-۲

فهرست مطالب

چگونه از این کتاب بیشترین بهره را برگیریم ۷

پیشگفتار: آنچه تا آستانه‌ی قرن شانزدهم (سال ۱۵۰۰) می‌دانستیم ۹

۱۵۰۰ – ۱۵۵۰ ۱۵

نخستین گام در علم ۱۹

ساعت‌ها، تفنگ‌ها و ماشین‌های بافتنی: فناوری قرن شانزدهم ۳۲

۱۵۵۱ – ۱۶۰۰ ۳۵

گسترش آفاق ۳۷

۱۶۰۱ – ۱۶۵۰ ۴۹

عصر گالیله ۵۱

کبریت ، نارنجک دستی و خودنویس: فناوری قرن هفدهم ۷۹

۱۶۵۱ – ۱۷۰۰ ۸۱

عصر نیوتون ۸۲

۱۷۰۱ – ۱۷۵۰ ۱۲۵

ماشین طبیعت ۱۲۶

قدرت بخار، آهن و مواد شیمیایی: فناوری در قرن هجدهم ۱۷۲

۱۷۵۱ – ۱۸۰۰ ۱۷۵

علم شیمی پا می‌گیرد ۱۷۷

۱۸۰۰ — ۱۸۵۰	۲۵۳
اتم‌ها، یاخته‌ها و استخوان‌ها	۲۵۵
قطارها، تلفن‌ها و الکتریسیته: فناوری قرن نوزدهم	۳۴۳
۱۸۵۱ — ۱۹۰۰	۳۴۷
در جستجوی یگانگی	۳۴۹
۱۹۰۱ — ۱۹۵۰	۴۳۹
کوانتوم، ژن، و جهان هستی	۴۴۲
تولید انبوه، اتومبیل‌ها و ریزتراشه‌ها: فناوری قرن بیستم	۵۵۱
۱۹۵۱ تا ۲۰۰۰	۵۵۵
علم گسترده	۵۵۸
۲۰۰۱ و بعد از آن	۶۲۵
برای مطالعه‌ی بیشتر	۶۲۹
نمایه	۶۳۱

چگونه از این کتاب بیشترین بهره را برگیریم

چه کسی چه وقت و چه چیزی را کشف کرد شما را با رشد ایده‌های علمی در ۵۰۰ سال گذشته و با کسانی که این ایده‌ها را پرورانده‌اند، آشنا می‌کند. در این کتاب آن ایده‌ها در بافت زمان قرار می‌گیرند و چارچوبی برای فهم و درک مفاهیم و نظریه‌هایی فراهم می‌آید که دیدگاه ما به جهان علمی امروزی را تشکیل داده‌اند.

هیچ ایده و نظر علمی‌ای از خلأ سر بر نمی‌آورد. در این کتاب علم در حکم یک فعالیت افزایشی و برهم‌کنشی ارائه می‌شود و حاصل‌کار پژوهشگران، معاصران و آیندگانشان را تغذیه می‌کند. حتی بزرگ‌ترین ذهن‌های علمی ــ نیوتون، لاووازیه، داروین، پاستور، اینشتین ــ از حاصل کار دیگران توشه برگرفته‌اند.

در این کتاب کار دانشمندان را جلوه‌گر می‌کنیم و بر نقش تعیین‌کننده‌ی مشاهده و اندازه‌گیری و تأثیر متقابل شواهد و نظریه تأکید می‌ورزیم.

آدمی طی قرن‌ها بارها و بارها به راه‌های خطا افتاده و از مسیر درست منحرف شده است. ایده‌هایی که در زمان‌های گوناگون از حمایت‌های همگانی برخوردار شده‌اند ــ عالم یا جهان هستی زمین مرکز، نظریه‌ی فلوژیستون، کالریک، اِتر، پیدایش خودبه‌خودی حیات، آب‌گرایی[1] ــ اما بعداً ناکافی یا غلط و نادرست از آب درآمدند. با همه‌ی این احوال، حتی این‌ها برای فهم کامل‌تر نظم طبیعی و نیز داد و ستد علم

---

1. neptonian (neptonism)

نقش ایفا کرده‌اند و از این‌رو در این کتاب جایگاهی به آن‌ها اختصاص یافته است.

هر فصل رویدادهای ۵۰ سال را در بر می‌گیرد و جمع‌بندی اجمالی پیشرفت‌ها و روندهای عمده‌ی این دورهٔ زمانی در ابتدای آن می‌آید. در لابه‌لای مطالب فصل‌ها مدخل‌هایی بر حسب تاریخ از حدود سال ۱۵۰۰ تا تقریباً سال ۲۰۰۰ به ترتیب نگاشته شده‌اند. منظور این است که به راحتی می‌توانید ترتیب کشف‌ها و یافته‌ها را در گستره‌ی وسیعی از پهنه‌ی علم پی گیرید، و روابط متقابل آن‌ها را دریابید.

هر حکایتی کشف و یافته‌ی خاص یا ایده‌ی جدیدی را نقل می‌کند که با تصویری از کاشف در شرایط شخصی‌اش در هم آمیخته است. اکثر پژوهشگران فقط یک تک‌مدخل دارند، اما پژوهشگران پر کارتر و فعال‌تر را چندین مدخل همراهی می‌کند، که به طور کلی جمع‌بندی حیات و آثار و تأثیرشان بر معرفت علمی را شکل می‌دهد. ارجاع تاریخ به صورت حروف سیاه بخش قبلی یا بعدی حکایت را به شما می‌نمایاند. نماد پیکان و تاریخ در انتهای هر حکایت مانند ◀◀ **۱۶۰۳**، به مدخل بعدی در زندگی آن پژوهشگر خاص ارجاع دارد.

این کتاب چندین فایده دارد: سری به پاسخ پرسش‌های علمی ــ مانند پرسش و پاسخ‌ها دربارهٔ آزمایش مایکلسون‌ـ مورلی یا کارهای مندل درباره‌ی ژنتیک یا چگونگی کشف کربن دیوکسید به دست ژوزف بلاک ــ بزنید؛ به برداشت کلی سودمندی مثلاً از پیشرفت‌های علمی در نیمه‌ی نخست قرن بیستم دست می‌یابید؛ حوزه‌ی ذهنی خاصی را چون تکوین ایده‌ی اتم، یا استدلال‌های مربوط به سن کره‌ی زمین یا منظور از کروموزوم‌ها را پی می‌گیرید؛ یا صرفاً آن را ورق می‌زنید ــ صفحه‌ای را به طور تصادفی می‌آورید و به ماجرایی مستقل بر می‌خورید که توجه‌تان را جلب می‌کند، اطلاعاتی به شما می‌دهد و سرگرم‌تان می‌کند.

هر طور که از این کتاب بهره گیرید، امیدوارم به سودتان باشد!

دیوید الیارد

پیشگفتار:
آنچه تا آستانه‌ی قرن شانزدهم (سال ۱۵۰۰) می‌دانستیم

علم و معرفتی که امروزه می‌شناسیم، حتی در اروپای غربی که خاستگاه آن به‌شمار می‌آید، تا سال ۱۵۰۰ تقریباً ناشناخته بود. این تصور و انگاره که مشاهده و آزمایش (تجربه) بایستی راهنمای قابل اتکایی برای فهم و درک چگونگی کارکرد جهان فراهم آورند چیز جدیدی نبود، اما به طور گسترده‌ای هم پذیرفته نشده بود. ایده‌ها و آرای اندیشمندان بزرگ عصر باستان ــ ارسطو (۳۸٤-۳۲۲ پیش از میلاد) در زیست‌شناسی و فیزیک، بطلمیوس (حدود ۸۵ تا حدود ۱٦۵ میلادی) در حوزه‌ی نجوم و جغرافیا، گالن (۱۳۱-۲۰۱ میلادی) در طب ــ هنوز هم غالب و مسلط بود. حتی خردمندترین اندیشمندان غالباً در نوشته‌ها پاسخ به پرسش‌ها و مجهولات را می‌جستند و نه در مدارک و مستنداتی که در برابر چشم خودشان قرار داشت.

در حالی که تعداد اندکی یافت می‌شدند که نسبت به گِرد بودن کره‌ی زمین تردید می‌کردند، تعداد کمی این تصور بطلمیوس را به چالش می‌گرفتند که بر پایه‌ی آن کره‌ی زمین در مرکز جهان هستی ثابت و ساکن بود و تمامی اشیای آسمانی دیگر در مدارهای دایره‌ای آن را دور می‌زدند. رویهمرفته، ارسطوی کبیر فتوا داده و حکم کرده بود که حرکت دایره‌ای کامل‌ترین و طبیعی‌ترین نوع حرکت است.

درست مانند زمان‌های باستان، هفت جسم آسمانی را می‌شناختند: خورشید، ماه و

«ستارگان سرگردان» ــ عطارد (تیر)، ناهید (زهره)، مریخ (بهرام)، مشتری (برجیس) و زحل (کیوان). تقریباً سیصد سال بعد به این تعداد افزوده شد. حرکت این اجرام آسمانی هنوز هم بزرگ‌ترین دلمشغولی و توجه طالع‌بین‌ها به‌شمار می‌رفت که در پی تعیین سرنوشت آدمی از موضع آن در آسمان می‌گشتند.

علی‌رغم پیشرفت‌هایی که نصیب تجربه‌گران خاورمیانه و سایر نواحی تحت نفوذ اسلام شده بود، علم شیمی کماکان کیمیاگری بود: تمامی ذهن و حواس آن‌ها متوجه جستجوی *حجرالفلاسفه*[1] بود که قرار بود فلزات اساسی را به طلا تبدیل کند، یا این‌که پیگیر یافتن اکسیر حیات بودند. در واقع، زمان درازی سپری شد تا چنین جدّ و جهدهایی از لحاظ علمی بی‌ارزش تلقی شود. حتی دویست سال بعد، آیزاک نیوتون کبیر هم فکر می‌کرد که کیمیاگری دست‌کم همانقدر مهم است که سایر کارهایش.

کیمیاگران، برای پشتیبانی و تضمین کردن جستجو و پویش‌های خود، نظریه‌ای پرداخته بودند که بر پایه‌ی آن ماده از تعداد کمی «عنصر» شبه رازآمیز (شبه عرفانی) تشکیل می‌شد. ارسطو و سایر متفکران باستانی این عناصر را خاک، هوا (باد)، آتش و آب نامیده بودند، هرچند که تفکر جدیدتر سه‌گانه‌ی نمک، آهن و جیوه را ترجیح داد. بین هر یک از این مواد در زمان‌های باستان با یکی از اجرام آسمانی پیوند و رابطه برقرار بود ــ مثلاً، طلا با خورشید، نقره با ماه، و آهن با مریخ ــ و برای فلز و سیاره هم نمادهای یکسانی به‌کار می‌بردند. طالع‌بینی (اختربینی) و کیمیاگری هنوز هم به طور تنگاتنگی در هم تنیده بودند.

ارسطو در حوزه‌ی فیزیک هم هنوز سیطره‌ای گسترده و بی‌هماورد داشت، بخصوص از هنگامی که دیدگاه وی با الهیات مسیحیت از طریق نوشته‌های توماس آکوئیناس هماهنگ و سازگار شده بود. چالش با ارسطو مستلزم به چالش کشیدن اقتدار کلیسا بود. اکثر مردم، مانند ارسطو، معتقد بودند که «طبیعت خلأ را انکار می‌کند»؛ وجود اتم‌ها ناممکن است؛ باید پیوسته هر شیء را در معرض فشار دادن (هل دادن) قرار داد تا در حالت حرکت باشد؛ این‌که برخی مواد (موادی که از «تلّون مزاج» برخوردارند یا «دمدمی مزاج‌اند») به‌طور طبیعی بالا می‌روند در حالی که مواد برخوردار از فرونشستن «گرانشی»، هر کدام مکان درست و موجه خود را در مدل طبیعت می‌جوید.

آن‌ها که در حوزه‌ی چیزهای زنده مطالعه می‌کردند (واژه یا اصطلاح «زیست شناسی» سیصد سال بعد ابداع شد) چیز مهمی به حاصل تأملات ارسطو اضافه نکرده

---

1. Philosopher's stone

بودند. توجه به گیاهان عمدتاً در جهت مقاصد طبّی بود. «کتاب‌های گیاهان دارویی» سرشار از دستورالعمل‌های درمان بیماری‌ها بسیار محبوب بودند، هرچند که همیشه هم بر پایه‌ی مشاهدات و تأملات دقیقی استوار نبودند. از سال‌هایی پس از سال ۱۵۰۰ که کاشفان و پویندگان در سرزمین‌های جدید جانوران و گیاهانی را یافتند که ارسطو از وجود آن‌ها بی‌خبر مانده بود، این اقتدار ارسطویی رو به افول نهاد.

البته، فناوری حتی در غیاب معرفت علمی ژرفی به نحوی چشمگیر پیشرفت کرده بود. آزمون و خطا و مهارت و ابتکار صنعتگران راه‌های نوین بسیاری را برای مفید کردن چیزها گشوده بود. قسمتی از این فناوری، از جمله تولید کاغذ، باروت و قطب‌نمای مغناطیسی از چین به اروپای غربی وارد شده بود. ساعت‌های خیلی دقیقی، صدها سال پیش از هویگنس و آونگ، اختراع شده بود. سلاح‌های گرم و انواع توپ به طور منظم کاربرد یافته بود، گرچه که هیچ کس نمی‌دانست دلیل انفجار باروت چیست. شاید از همه‌ی این‌ها مهم‌تر گوتنبرگ و سایرین در اواخر قرن پانزدهم بودند که با استفاده از حروف چاپی متحرک در امر چاپ مهارت یافته بودند.

در علم نیز مشاهده و آزمایش منادی تغییر به‌شمار می‌رفت. در اوایل سده‌ی ۱۴۰۰، نیوکلاوس کوسانوس پی برده بود که گیاهان ظاهراً چیزی را از جوّ جذب می‌کنند. ارجاعاتی که به مواد نویافته‌ای چون بیسموت صورت می‌گرفت. دریانوردان دریافته بودند که قطب‌نمای مغناطیسی آنان همیشه در راستای شمال قرار نمی‌گیرد. در دهه‌ها و سده‌های بعدی یافته‌هایی از این دست خطوط عمده‌ی کاوش و جستار را برانگیخت.

در اواخر سده‌ی ۱۴۰۰ چهره‌های بزرگ اولیه‌ی پیشرفت و تکامل علم زاده یا فعال شدند. نیکولای کوپرنیک در ۱۴۷۳ زاده شد. اندک زمانی بعد از آن، لئوناردو دا وینچی ماشین‌های پرواز را طراحی کرد و با چتر نجات و لوله‌های موئین دست به آزمایش‌هایی زد. رگیو مونتانوس راهب آنچه را که بعداً دنباله‌دار هالی نامیده شد، با رصدهایش در نورنبرگ برای نخستین‌بار در اروپا، مشاهده کرد.

شور و شوق این روح جدید را می‌توان در زمان‌های قبل‌تر نیز جست، که نیروی محرک آن ترجمه‌ی متون کلاسیکی بود که آرا و ایده‌هایی را در دسترس قرار می‌داد که از دیرباز سرکوب یا فراموش شده بودند. در قرن سیزدهم، وتیلو اهل سیلزیا به معرفت گسترده‌تری درباره‌ی کارکردهای چشم و به طور کلی پیرامون نور و نورشناسی دست یافت. در انگلستان راجر بیکن، راهب فرقه‌ی فرانسیسکان، به قدر و قیمت آزمایش پی برده بود. وی قوانین بازتابش و شکست نور را تشریح کرد. او یکی

از ذره‌بین‌های ابتدایی را توصیف کرد. هرچند که راجر بیکن باروت را اختراع نکرده بود، اما ترکیب آن را می‌شناخت.

بیکن در راه آموزش «فلسفه‌ی طبیعی» در دانشگاه‌ها دست به مبارزه زد، اما به اتهام ارتداد به زندان افکنده شد. قدرت مرجعیت کلیسایی و سلطه‌ی آن بر ایده‌ها و آرا پر قدرت بود و تا عصر گالیله و حتی بعد از آن هم کماکان باقی ماند. حتی وقتی قدرت جبری و قهری کلیسا رو به زوال نهاد، همچنان ایده‌های ناشی از علم کلام و کتاب مقدس قسمت اعظم علم را شکل می‌داد. تازه بعد از سال‌های ۱۸۰۰ بود که نفوذ داستان انجیلی آفرینش و توفان نوح بر زیست‌شناسی و زمین‌شناسی به تدریج کمرنگ شد.

در دو قرنِ بعد از بیکن، دیگرانی این ایده‌های ارتدادی را در فیزیک ارتقا بخشیدند که با افکار ارسطو در تناقض بود و پیشتاز گالیله و نیوتون به‌شمار می‌آمدند. ویلیام آکمی[1] (ویلیام اوکام) «تیغ» مشهور خود را مطرح کرد، که برای سادگی در توضیح و توصیف مشاهدات ارزش زیادی قائل بود. ویلیام مرلی[2] حساب وضع آب و هوا را در آکسفورد نگه داشت تا معلوم کند بهترین ایام یک دهه از لحاظ آب و هوایی چه موقع است، و حتی تلاش کرد به پیش‌بینی وضع هوا دست بزند. آزمایش‌هایی با آهنربا و قطب‌نما صورت گرفت، و پیرامون منشأ رنگین‌کمان تحقیقاتی صورت گرفت. معلمان و محققان در حوزه‌ی جراحی و کالبدشناسی آدمی هرچه بیشتر به مدارک ناشی از تشریح و کالبدشکافی تکیه کردند و اتکای خود را به نگاشته‌های جالینوس هرچه کم‌تر کردند.

در حدود سال ۱۵۰۰، این روند آهنگ شتابانی یافت. بر سر دلایل این امر مباحثات زیادی در جریان است. برخی اندیشمندان به رشد و گسترش اختلاف آرا در درون کلیسا اشاره می‌کنند؛ دیگرانی هم هستند که گسترش دامنه‌ی افق‌ها را از طریق پویش‌های پویندگان در سرزمین‌های نو مؤثر و دخیل می‌دانند؛ کسانی دیگر هم هنوز معتقد به تحریک و انگیزش صنایع اولیه و چالش‌هایی هستند که پدید آورد. یکی دیگر از عوامل احتمالی هم سهولت در ثبت رویدادها و نشر و انتشار ایده‌ها از طریق چاپ و نوشته‌های چاپی بوده است.

دلایل این پیشرفت‌ها هرچه بوده باشد، می‌توانیم به دوران پیرامون سال ۱۵۰۰ به عنوان سکوی پرش چیزی بنگریم که امروزه آن را علم می‌نامیم. آنچه که بعد از آن

1. William of Occam

2. William of Merlee

روی داد نسبت به آنچه که پیش از آن گذشته بود، بسی متفاوت بود. و به همین علت است که این کتاب را از همان وقایع سال ۱۵۰۰ به بعد شروع می‌کنیم.

و واپسین نکته این‌که: تقریباً تمام اکتشافاتی که در این کتاب از آن‌ها یاد کرده‌ایم در اروپا یا مناطقی تحقق پذیرفته‌اند که نفوذ اروپاییان در آن‌جا گسترش یافت، مانند آمریکای شمالی. علم امروزی و مدرن ریشه در تاریخ و فرهنگ اروپا دارد؛ سایر بخش‌های جهان فقط در سالیان اخیر شروع به بازی کردن نقش در این زمینه کرده‌اند. خیلی پیش از سال ۱۵۰۰، نورِ قرن‌ها تحقیق و جستار در هندوستان و سرزمین‌های اسلامی رنگ باخته و خاموش شده بود. چند قرنی پیش‌تر، چین که در فناوری و اکتشاف بسی فعال و بانشاط بود، وقتی دولت‌های مرکزی استبدادی بساط سنت تحقیق و جستار آزاد را برچیدند که برای شکوفایی علم بسی اساسی و حیاتی است، در محاق فراموشی و جهل فرو رفت.

۱۵۵۰ - ۱۵۰۰

چشم‌انداز جهان در این دوره

اروپای سال ۱۵۰۰ کم‌تر شباهتی به اروپای آرام و آسوده و هر چه یکپارچه‌تر قرن بیست و یکم داشت، که در این پهنه علم از همه جهات جا افتاده و پشتیبانی می‌شود. از لحاظ سیاسی، اروپای آن زمان بسی گسسته‌تر و ناآرام‌تر بود.

آلمان و ایتالیای امروزی اصلاً وجود نداشتند؛ به جای آن‌ها مجموعه‌ای از امیرنشینان و دوک‌نشینان ناآرام وجود داشتند. همین امر احتمالاً به تثبیت علم یاری رسانده است، زیرا بسیاری از دربارها از «فیلسوفان طبیعی» اولیه حمایت می‌کردند.

اسپانیا و فرانسه حکومت مرکزی داشتند و تمام قلمرویی را که امروزه هم در اختیار دارند کنترل می‌کردند، هرچند که جناح‌های رقیب در فرانسه وجود داشت و قلمرو شرق و شمال آن تحت سلطه‌ی دیگران بود. قدرت باید با نیروی سلاح حفظ می‌شد، هرچند که مفهوم «حق الهی پادشاهان» تازه شروع به رشد کرده بود.

پردامنه‌ترین نفوذ و وسیع‌ترین قلمرو از آنِ دودمان هابسبورگ بود. این خاندان از مراکز اتریش و اسپانیا قسمت اعظم ایتالیای چندپارچه و «کشورهای سفلی»، که بعداً به بلژیک و هلند تبدیل شدند، و نیز نواحی آلمانی‌زبان اروپای مرکزی را تحت سلطه و کنترل داشت و آن‌ها را تحت لوای امپراتوری روم مقدس گرد هم آورده بود.

از حدود سال ۱۵۱۷ به بعد اروپا بار دیگر، و این بار بین دو نحله‌ی بزرگ مذهبی، تقسیم شد. آغاز نهضت اصلاح دین، که جرقه‌ی آن را مارتین لوتر آلمانی و ژان کالون فرانسوی زدند، شاهد صف‌آرایی کشورها و حکومت‌ها چه به عنوان حامیان «پروتستان‌ها» (عمدتاً در سرزمین‌های شمالی رود راین) یا در حکم مدافعان ایمان سنتی «کاتولیکی» (عمدتاً به سوی جنوب) بود. شور و هیجان مذهبی و رقابت‌های سنتی آمیزه‌ای ناپایدار و بی‌ثبات را در این سرزمین‌ها فراهم آورد. دو قرن منازعه‌ی مذهبی بنیان‌کن، هم بین کشورها و هم درون هر یک از آن‌ها، در پی این سال‌ها پیش آمد.

نهضت اصلاح دین اعتراضی بود بر علیه آنچه که فساد و تباهی در کلیسای کاتولیک رومی، هرچند که احساسات و هیجان ده‌ها سال و شاید هم قرن‌ها، در حال جوش و خروش بود. کلیسا لوتر را محکوم کرد و در سال ۱٥٤٥ در مقابل شورای ترنت که مواد اصلاحی‌اش را پیشنهاد می‌کرد مقاومت ورزید، و با بنیان‌گذاری انجمن عیسی در سال ۱٥٤۰ مخالفت کرد (در قرن‌های بعد، «یسوعیان یا ژزوئیت‌ها» در میان اعضای خود دانشمندان سرشناس رو به افزایشی داشتند).

با همه‌ی این احوال انگیزه‌ی به چالش کشیدن ایده‌های دیرپا، که بسیاری از آن‌ها از علمای یونانی سرچشمه گرفته و کلیسا تقدیس‌شان کرده بود، نیرویی مقاومت‌ناپذیر از آب درآمد؛ این حرکت را تصمیم کلیسا مبنی بر تهیه‌ی فهرستی از «کتاب‌های ممنوعه» برانگیخت، که نوشته‌های کوپرنیک و گالیله نیز در شمار این فهرست درمی‌آمد.

شاید به همین علت است که اسپانیای توانگر و قدرتمند قرن‌های متمادی در علم سهم چندانی نداشت و قدرت‌های کوچک در زمین‌های پست (فروبومان[1]) و سرزمین‌های اسکاندیناوی، و نیز انگلستان و اسکاتلند، که در آنجا نهضت اصلاح دینی ریشه دوانید، از آن کشور قدرتمند پیش افتادند. موج نوزایی (رنسانس) و حمایت از فیلسوفان از جانب شاهزادگان و دوک‌های ایتالیایی، و چشمگیرتر از همه‌جا فلورانس، ایده‌های نو را در ایتالیای کاتولیک تا مدتی پایدار نگه داشت، هر چند که برای ترویج‌گران علم، و عمدتاً برای گالیله (۱٦۳۳) مجازات و کیفر تعیین شد و باعث شد که آن موج بار دیگر فرو بخوابد. تا یک قرن بعد که فرمانروایانی چون لویی چهاردهم حمایت از علم را به عنوان یکی از سرچشمه‌های عظمت ملی آغاز کردند، اتفاق درخور توجهی در فرانسه‌ی کاتولیک نیفتاد.

عوامل خارجی نیز در ناپایداری اروپا سهم داشتند و دخیل بودند. یکی از آن‌ها عبارت بود از فشار و اصرار بر گسترش امپراتوری، به رهبری اسپانیا در دنیای نو «قاره‌ی امریکا» و پرتغال در آفریقا و «خاور دور». این تهاجم و فشار به نحو اجتناب‌ناپذیری به تنش در تجارت با سایر کشورها ــ بخصوص انگلستان و هلند ــ هدایت شد و به سهم آن‌ها در بازرگانی دست درازی کرد. تعارض و منازعه بین اسپانیا و انگلستان که در «آرمادا یا جهازات»[2] اسپانیا به اوج خود رسید، قسمتی ناشی از تعارض مذهبی و بخشی حاصل ملاحظات تجاری و بازرگانی بود.

---

۱. Low countries، ناحیه‌ی شمال غرب اروپا، مشتمل بر هلند، بلژیک و لوگزامبورک کنونی. م

۲. Spanish Armada، ناوگان جنگی امپراتوری اسپانیا، که سرانجام هم در نبرد دریایی از نیروی دریایی انگلستان شکست خورد. م

یکی دیگر از مایه‌های تهدید و ارعاب در اروپا در جنوب شرقی آن نهفته بود. امپراتوری عثمانی پس از سقوط قسطنطنیه در قرن پیش به داخل اروپا گسترش یافته و پیش رفته بود. دانشمندان گریخته از فاجعه‌ی سقوط آن شهر به ایتالیا رفته و به پایداری و احیای نهضت نوزایی و برانگیختن مطالعات علمی کمک کرده و یاری رسانده بودند. اما ترک‌ها اکنون تا بالکان و مجارستان پیش تاخته بودند و در سال ۱۵۲۹ وین را به محاصره درآوردند.

در این محیط پیچیده و ناپایدار بود که علم مدرن زاده شد، در ایتالیا پای بر عرصه نهاد و در شمال و غرب اروپا گسترش یافت. علم از همان مراحل آغاز ساده‌ی رشدش جالب توجه و تماشایی بوده است.

هنر و اندیشه

این اوج کمال فلسفه‌ی انسان‌گرایی بود، که مظهر اعلای آن در کتاب اراسموس هلندی تحت عنوان *آموزش یک شاهزاده‌ی مسیحی* بروز کرد. نیکولو ماکیاولی سیاستمرد ایتالیایی «قوانین فرمانروایان» کلبی‌مسلکانه‌تر خود را در سال ۱۵۱۳ در کتاب مشهورش *شهریار* به ثبت رسانید، در حالی که در سال ۱۵۱٦ همتای انگلیسی‌اش، تامس مور، دیدگاه خود را از دولت و حکومت کامل در رساله‌ی *یوتوپیا* (ناکجاآباد) به رشته‌ی تحریر کشید، مارتین لوتر در سال بعد نهضت اصلاح دین را به راه انداخت. کتاب مقدس (عهد جدید) از لاتین به سخن محاوره‌ای روز (به انگلیسی به قلم ویلیام تیندال، به آلمانی به قلم لوتر) ترجمه شد. ترجمه‌ی انگلیسی آن تحت عنوان *کتاب دعای مشترک* در سال ۱۵٤۰ چاپ و منتشر شد.

از جمله‌ی تبانی‌ها در حوزه‌ی ادبیات آن زمان می‌توان داستان‌های عاشقانه‌ی منظوم لوکوویتوی[1] ایتالیایی در برابر نمایشنامه‌ی اخلاقی انگلیسی «هر کسی» را برشمرد. موسیقی معمولاً در کلیسا و دربارها شنیده می‌شد که از جمله می‌شود تصنیف‌های رابرت فیرفاکس انگلیسی و یوشکین دوُبره‌ی فلاندری را یاد کرد.

در حالی‌که طغیان نوزایی در ایتالیا رو به فروکش کردن می‌رفت، ایتالیایی‌ها در هنرهای تجسمی به درجه‌ی استادی و مهارت رسیدند. میکل‌آنژ تندیس خود به نام *داوود* را در سال ۱۵۰٤ تراشید و تزئینات سقف نمازخانه سیستین[2] را در سال ۱۵۱۲ تکمیل کرد. دا وینچی در سال ۱۵۰۵ تابلوی *مونالیزا* را خلق کرد. تیتیان (*ونوس اوربینو*، ۱۵۳۸)، رافائل، تینتورتو و کورّدجو از جمله‌ی تعداد بی‌شمار هنرمندانی

1. Locovico Aristo
2. Sistine chapel

به‌شمار می‌آیند که جملگی به کار مشغول بودند، که از میان آن‌ها چلینی پیکرتراش را نیز می‌توان برشمرد. هانس هولباین نقاش آلمانی به خاطر نقاشی‌هایش از خانواده‌ی سلطنتی و اشراف، از جمله هنری هشتم پادشاه انگلستان و دربارش، مشهور بود. هم‌وطن وی، آلبرشت دورر نیز به اعتبار باسمه‌های چوبی از صحنه‌ی زندگی روزمره‌ی مردم، پرآوازه بود.

اکتشاف

اوایل قرن شانزدهم دوران فعالیت فشرده‌ای بود که کاشفان و پویندگان اروپایی طی آن کماکان در جستجوی سرزمین‌ها و فرصت‌های نو به شرق و غرب کره‌ی زمین به دریا زدند. دریانوردان پرتغالی کرانه‌های برزیل را پوییدند، و اسپانیایی‌ها فلوریدا و شبه جزیره‌ی یوکاتان مکزیک را کشف کردند، تا پرو پیش رفتند و، به سوی شمال، گرندکانیون را یافتند.

شخصی ماجراجو طول رودخانه‌ی آمازون را از کوه‌های آند تا اقیانوس اطلس با قایق پیمود. واسکو بالبوآ برزخ پاناما[1] را طی کرد تا برای نخستین‌بار اقیانوس آرام را، که خودش آن را به این نام نامید، مشاهده کند. در سال ۱۵۰۷ مارتین والد سیمولر، نقشه‌کش آلمانی، پیشنهاد کرد که تمامی این منطقه باید به نام کاشف اسپانیایی آن، آمریکو وسپوس، *آمریکا* خوانده شود.

در این میان، پرتغالی‌ها مسیر آشنای پیرامون منتهی‌الیه آفریقا و عرض اقیانوس هند را بارها طی کردند. آنان به فراسوی هند تا گینه‌ی نو و «جزایر ادویه‌ی» مالاکا رسیدند، و مراکز بازرگانی و معاملات در سری‌لانکا و چین برپا و با ژاپن تماس و مراوده برقرار کردند.

کشتی‌هایی که در ابتدا تحت فرماندهی فردیناند ماژلان اسپانیایی بودند، برای نخستین‌بار از طریق سفرهای آبی کره‌ی زمین را دور زدند. آنان پیرامون رأس آمریکای جنوبی را طی کردند و عرض اقیانوس آرام را پیمودند، هر چند که خود ماژلان دیگر در جریان کشف مجمع‌الجزایر فیلیپین زنده نبود.

پاپ، در سال ١٤٩٤ در تقسیم‌بندی جهان حقوق انحصاری در آفریقا و آسیا را به پرتغال بخشیده بود و نیمکره‌ی غربی را به اسپانیا داده بود. این خط تقسیم‌کننده دماغه‌ی آمریکای جنوبی را قطع می‌کرد و برزیل تحت سلطه‌ی پرتغالی‌ها را تشکیل می‌داد و مجمع‌الجزایر فیلیپین را که بعداً کشف شد در قلمرو اسپانیا قرار داد.

---

1. Isthmus of Panama

نخستین گام در علم

هرچند که علمی که اکنون می‌شناسیم تازه به زحمت روزهای اولیه‌ی خود را می‌گذرانید، در ظرف ۵۰ سال تا ۱۵۵۰ در نواحی وسیعی به پیشرفت‌های چشمگیری نایل آمده بود: با کارهای وسالیوس و بسیاری از معاصرانش در حوزه‌ی کالبدشناسی (آناتومی)، و فراکاستورو که آرای نوینی درباره‌ی انتقال بیماری‌ها ابراز داشت؛ در ستاره‌شناسی با چالشی که کوپرنیک با فهم دیرپای کیهان به راه انداخت؛ و نیز در پهنه‌ی ریاضیات. پاراسلسوس[1] نخستین هیجان‌های تجدد در شیمی را برپا کرد، آگریکولا در زمین‌شناسی و گسنر در زیست‌شناسی، با دانشنامه‌های گیاهی و جانوری‌اش. بینش‌ها و بصیرت‌های غالباً ملهم از لئوناردو دا وینچی بر بسیاری حوزه‌ها و زمینه‌ها تأثیر نهاد.

آدم‌های فعال عمدتاً گرایش به اختیار کردن پیشه‌ی طبابت داشتند یا می‌خواستند ریاضیدان شوند، و بسیاری از آنان هم از حمایت و پشتیبانی برخوردار می‌شدند. ایتالیا چه به عنوان محل زندگی یا جایی برای کار یا مطالعه، مکان اصلی به‌شمار می‌آمد.

لئوناردوس کامیلیس: شروع با سنگ‌ها

۱۵۰۲ *آینه‌ی سنگ‌ها*[2] که نخستین‌بار در ۱۵۰۲ چاپ و منتشر شد، از جمله‌ی نخستین موارد تألیف و تدوین معرفت و دانسته‌ها درباره‌ی کانی‌ها، بخصوص سنگ‌های قیمتی و نیمه قیمتی، به‌شمار می‌آید. این اثر جامع بود، که علی‌الاصول تمامی ۲۵۰ کانی شناخته شده در آن زمان را دربر می‌گرفت، و خواص فیزیکی چون رنگ و شکافت و رخ را توصیف می‌کرد.

در آن زمان ایده‌ها درباره‌ی ترکیب شیمیایی چندان شکل نگرفته و در واقع وجود نداشت، از این‌رو کامیلوس درباره‌ی محتوای این سنگ‌ها چندان چیزی نگفته، بلکه بیشتر در خصوص قدرت آن‌ها در بهبود و شرایط و درمان بیماری‌های گوناگون سخن گفته است. تصور می‌کردند رنگ سنگ‌ها با موضوع درمان بیماری‌ها متناسب و

---

1. Paracelsus
2. *Speculum Lapidum*

مربوط است. خرد متعارف که از زمان‌های خیلی قدیم جا افتاده بود، حکم می‌کرد که سنگ‌های قرمزی چون انواع یاقوت قرمز و نارسنگ برای مهار خونریزی و عفونت مناسب‌اند، در حالی که یاقوت کبود جوش و کورک را درمان می‌کند.

مؤلف این کتاب، لئو ناردوس کامیلیس، مانند بسیاری از «فیلسوفان طبیعی» آن روزگار خود طبیب بود. وی به عنوان پزشک دربار در خدمت سزار بورژیای جنگ‌سالار بود و کتابش را به وی تقدیم کرده بود. در این کتاب، در میان بسیار مطالب دیگر، آمده بود که کهربا (کتیرای منجمد درخت) برای جلوگیری از افتادن دندان لَق بسیار مفید است، در حکم پادزهر و به‌مثابه درمانی برای همه‌ی اختلال‌ها و بیماری‌های گلو به کار می‌آید. به همین علت پی می‌بریم که علم چه راه درازی در پیش داشت، چرا که برای چنین ادعاهایی چندان مدرک و گواهی وجود نداشت. آزمودن آن‌ها در مخالفت با تجربه اهانت به اذهان بزرگ و متفکر گذشته به حساب می‌آمد. تا زمانی که حرمت نهادن به ایده‌ها و آرای کهن به مشاهده و آزمایش جای سپرد، علم نتوانست به پیشرفتی نایل آید.

لئوناردو دا وینچی: در حوزه‌ی علم نیز سرآمد همگان

۱۵۱۷ در این سال یکی از تابناک‌ترین استعدادهای ثبت شده در تاریخ انسانی، لئوناردو دا وینچی، درگذشت. دستاوردهای عظیم او، که در اوج جنبش نوزایی ایتالیا به دنیا آمد، در نقاشی، پیکرتراشی، ادبیات، موسیقی، راهبرد نظامی، اختراع و مهندسی از آوازه‌ی بسیاری برخوردار است.

لئوناردو در بسیاری از حوزه‌های علم اولیه، بخصوص در سال‌های آخر عمرش، نیز دست داشت. اما هر تحقق و پژوهشی را که آغاز می‌کرد به ندرت به پایان می‌رساند و تعداد اندکی از آن‌ها را بر کاغذ یادداشت می‌کرد. بسیاری از مؤثرترین ایده‌های وی حدس و گمان‌های صرف با اندک شواهدی برای پشتیبانی آن‌ها در آن زمان بودند. با همه‌ی این احوال از اصول بسیار مهم درکی داشت که بعداً بنیادهای کل زمینه‌ی علم را تشکیل دادند.

> *معرفت ژرف‌تر یا سطحی‌تری یافت نمی‌شود، بلکه فقط یک معرفت، آن هم ناشی از آزمایش وجود دارد.*
>
> لئوناردو دا وینچی

زمین‌شناسی یکی از آن حوزه‌های علم به‌شمار می‌آید که وی به آن پرداخت. او به عنوان مهندس در خدمت زمین‌شناسی با ساختار لایه‌ای صخره‌ها در شمال ایتالیا آشنا بود. وی پی برد که هر لایه‌ای از صخره‌ها در هر زمان در زیر آب واقع شده است، که دیرینه‌ترین صخره‌ها در زیر همه (کف) واقع شده است. شاید این نخستین گزاره در خصوص «قانون برهم‌نهی» بود، که بیش از یک قرن بعد نیکولاس استنو (**۱۶۶۷**) مجدداً آن را کشف کرد.

لئوناردو همچنین پی برد که «سنگواره‌های» متمایز در لایه‌های گوناگون صخره به‌وجود آمده‌اند، که به این وسیله می‌توان در فواصل طولانی آن‌ها را ردیابی و بازشناسی کرد. سیصد سال بعد ویلیام اسمیت (**۱۷۹۹**) از همان مفهوم سود جست و چینه‌نگاری نوین و نقشه‌برداری جغرافیایی را یافت. لئوناردو بر این باور بود که سنگواره‌هایی چون صدف بازمانده‌های موجوداتی بودند که زمانی زنده بودند و می‌توان از آن‌ها برای بازگویی حکایت کره‌ی زمین بهره گرفت.

نوشته‌های او حاوی مراجع وسوسه‌انگیزی‌اند برای استفاده از آینه‌ها و عدسی‌ها برای دستیابی به منظر بزرگ‌شده‌ی سیارات است. چه وی زمانی از چنین «تلسکوپی» استفاده کرده باشد چه نه، می‌دانست که ماه از خودش نور نمی‌تاباند، بلکه نوری را که از خورشید دریافت می‌کند باز می‌تاباند. درست بعد از یک ماه جدید، نور بازتابیده از زمین به صورت کم‌نوری بخش تاریک ماه را روشن می‌کند، و از این رو «ماه پیر در آغوش ماه جوان» به‌وجود می‌آید. وی همچنین در خصوص این امکان ریشه‌ای به تأمل پرداخت که زمین خورشید را دور می‌زند، و نه برعکس، و این‌که زمین سیاره‌ای است مانند سایر سیارات شناخته شده.

برای نقاش و پیکرتراشی چون لئوناردو، فهم صحیح چگونگی ساخت بدن آدمی از جمله معرفت‌ها و شناخت‌های کلیدی و پر اهمیت به‌شمار می‌آمد. از این‌رو وی از پیشگامان کالبدشناسی، از جمله تشریح پیکر و بدن، محسوب می‌شد و نگاشت‌ها و طرح‌های بسیار تفصیلی در این زمینه از وی باقی مانده است. به نظر می‌رسد او راه و روش کارکرد دریچه‌های قلب را فهمیده و پی برد که خون در بدن گردش می‌کند و نه این‌که مطابق اعتقادات رایج زمانه به پس و پیش برود. یک قرن بعد (**۱۶۱۶**) ویلیام هاروی ماهیت فهم آن ایده را تجسم بخشید.

لئوناردو یکی از پیشگامان فیزیک هم بود، دست به نخستین مشاهداتی زد که به کمک آن‌ها دیر یا زود نگاه به حرکت که از ارسطو به میراث مانده و هنوز هم فراگیر بود، تغییر کند و به کناری نهاده شود. وی حدس زد که هرگاه اشیاء تحت هل دادن

دائمی و پیوسته‌ای باشند نمی‌توانند به حرکت یکنواخت ادامه دهند و فقط وارد آمدن نیرویی لازم است که سرعت این شیء را افزایش یا کاهش دهد یا جهت آن را تغییر دهد. وی فرض کرد: «هر شیء در جهت حرکتش دارای وزنی است». در اینجاست که از گالیله (**١٦٠٤**) و سپس آیزاک نیوتون (**١٦٨٦**) پیشی گرفت و آرای آن‌ها را پیش‌بینی کرد.

پاراسلسوس: یک عمر کشمکش وتعارض

۱۵۲۰ این طبیب قرن شانزدهمی که خود را پاراسلسوس نامید یکی از نخستین کسانی بود که عقیده‌ی رایجی را که در علم و طب از طریق اعراب از یونانیان به زمانه‌ی او رسیده بود مورد پرسش قرار داد و به چالش کشید. وی هرچند که هرگز تعلیم صحیحی ندید، در حدود ۱۵۲۰ در بازل سویس شروع به کار طبابت و جراحی کرد اما میان او و همکارانش و اولیای امور چنان تعارض و کشمکشی برقرار بود که وی قسمت اعظم زندگی و حیاتش را به سرگردانی در اروپا گذرانید و در ٤٨ سالگی هم درگذشت.

پاراسلسوس با ایده‌ها و نظرهایی که در آن روزگار قبول عامه یافته بودند به شدت مخالفت می‌ورزید. وی کتاب‌های جالینوس و حکیم ایرانی، ابن سینا، را علناً در منظر عام می‌سوزانید (یا دست‌کم به سوزاندن آن‌ها اصرار می‌ورزید). خرد متعارف آن روز بیماری انسان را به عدم تعادل بین چهار «مزاج» جسمانی نسبت می‌داد. پاراسلسوس برعکس علت‌های خارجی را می‌جست و برای هر بیماری خاص درمان خاص آن را تجویز می‌کرد.

پاراسلسوس دستگاه «عناصر» خاص خود را مطرح می‌کرد: «گوگرد» نمایانگر آتش، «جیوه» نمایشگر جنبش‌پذیری، و «نمک» نماینده‌ی استحکام و صلابت؛ اما این صفت‌ها همیشه هم به مواد مشترک با آن نام‌ها اشاره نداشتند. با همه‌ی این احوال، بسیاری از داروهایی که وی تجویز می‌کرد حاوی گوگرد، جیوه و نمک، و نیز ارسنیک، آنتیموان و آهن بود، در حالی که طبیبان معاصرش گیاهان دارویی تجویز می‌کردند. در این روند وی منادی مطالعات جدیدی ــ طب‌ـشیمی[1] ــ بود. وی فواید طبی تریاک را هم ترویج کرد. وی نخستین کسی بود که «ارواح شراب» را «الکل» نامید، و برای نخستین بار به فلزی به نام روی اشاره کرده است.

1. Iatro-chemistry

پاراسلسوس شخصیتی متناقض بود. وی کماکان معتقد به حقیقت کیمیاگری باقی ماند، در حالی که در عین‌حال برخی روش‌های آزمایشی و توضیحات جدید را تبلیغ و از آن‌ها حمایت می‌کرد. وی همچنین اظهار داشت که کیمیاگری برای یافتن راه‌های درمان بیماری‌های آدمی به نحو مفیدتری به کار گرفته شود تا در راه تبدیل سرب به طلا.

طب فقط یک علم نیست؛ هنر هم هست. طب از تعدادی حَبّ ترکیبی و مقداری گچ شکسته‌بندی فراتر است؛ طب با همان فرایند حیات سروکار دارد، که پیش از آن که علم طب ما را هدایت کند باید آن فرایند را بفهمیم.

پاراسلسوس

در روابط انسانی‌اش هرگز از شیوه‌های آمرانه و متکبرانه برای درمان بیماری‌هایش بهره نمی‌برد. نام پاراسلسوس را برگزید تا دست‌کم حاکی از هم‌ارزی خودش با سلسوس پزشک رومی باشد. نام خانوادگی واقعی‌اش ما را بیشتر به منش معیوب او هدایت می‌کند (به نام تئوفراستوس بومباستوس غسل تعمید داده شد). با همه‌ی این احوال، پایگاه وی در تاریخ اولیه‌ی علم محکم و مسلم است.

نیکولو تارتاگلیا: کامیابی‌های آدم‌های الکن در ریاضیات

۱۵۳۷

نیکولو تارتاگلیا، مهندس و ریاضیدان ایتالیایی، که عمدتاً ریاضیات را نزد خود آموخت، از طریق ارائه‌ی راه حل برای معادلات ریاضی دشوار به شهرت و آوازه رسید. در آن زمان، بین ریاضیدانان بر سر روش‌هایشان رقابت شدیدی درگیر بود، که غالباً هم تلاش می‌کردند روش‌های خود را پوشیده و پنهان نگه دارند. حس ناخوشایند نسبت به برخی رقیبان، عمدتاً جرولامو کاردانو، قسمت اعظم حیاتش را تحت تأثیر قرار داد.

تارتاگلیا از بینش و بصیرت ریاضی‌اش برای تحلیل حرکت پرتابه‌هایی چون گلوله‌ی توپ و گلوله سود جست (وی نیز مانند بسیاری از پژوهشگران در آن دوران ناپایدار و بی‌ثبات به استحکامات و سایر مسایل نظامی توجه داشت). وی پی برد که توپ یا گلوله به محض شلیک شدن مسیری به نام شلجمی (سهمی) را می‌پیماید، که

می‌توان آن را از لحاظ ریاضی توصیف کرد. وی دانسته‌ها و بصیرت خود در ریاضیات را در سال ۱۵۳۷ در کتابش با نام یک *علم جدید* منتشر کرد که توپچی‌ها را قادر کرد تا (با استفاده از «جدول‌های شلیک») دقیق‌تر نشانه‌گیری کنند.

مطالب این کتاب بعداً دقیقاً با قوانینی انطباق یافت که گالیله (١٦٠٤) برای توضیح چگونگی رفتار اشیاء تحت تأثیر گرانش، تدوین کرد.

کشف این نکته هم چشمگیر بود که سهمی عبارت است از شکلی که وقتی پدید می‌آید که مخروطی را صفحه‌ای موازی با مولّد آن مخروط قطع می‌کند. این کشف این درک رو به گسترش را تقویت کرد که ریاضیات عمیقاً با کارکردهای جهان درهم تنیده است. بنابراین قول به یادماندنی گالیله: «ریاضیات عبارت است از زبانی که کتاب طبیعت را با آن می‌نویسند».

تارتاگلیا در اواخر عمرش ریش گذاشته بود تا اثر زخم بر چانه‌اش را پنهان کند که در جوانی بر اثر ضربه‌ی شمشیر سربازان فرانسه‌ی مهاجم بر روستایش ایجاد شده بود. این جراحت سخن گفتن وی را نیز متأثر کرد، و نامش هم «به معنای الکن» به این جهت بر او نهاده شده بود.

کنراد گسنر: بسی فراتر از طول عمر یک انسان

۱۵۴۱ کنراد گسنر زاده‌ی سویس فقط ٤٩ سال عمر کرد (بر اثر ابتلا به طاعون درگذشت)، اما چندان فرصت یافت تا در مقام طبیب و جراح کار کند، پیشگام کوهنوردی در رشته کوه‌های آلپ شود، سیاهه‌ای جامع به زبان لاتینی، یونانی و عبری از تمامی آثار ادبی تمامی زبان‌ها (آن‌طور که خودش آن را نامید، یک «کتابخانه‌ی جهانی») فراهم آورد، مطالعه‌ی جامعی در ۱۳۰ زبان انجام دهد و جانورشناسی و گیاه‌شناسی را به عنوان مطالعات علمی جا بیندازد. چیزی درباره‌ی همه چیز می‌دانست و در خصوص بسیاری مباحث اطلاعات بسیار زیادی داشت. بعضی‌ها او را به پلینی رومی تشبیه می‌کردند که ۱۵۰۰ سال پیش از آن دایرةالمعارف‌هایی حاوی هر چیز که درباره‌ی طبیعت می‌دانست تألیف و گردآوری کرده بود.

دو اثر عظیم او عبارت بودند از دانشنامه (دایرةالمعارف)هایی از تمامی گیاهان و حیوانات شناخته شده (دست‌کم آن‌ها که در دنیای کهن شناخته شده بودند). *تاریخچه‌ی حیوانات*[1] او بر ٤٥٠٠ صفحه در پنج مجلد بالغ می‌شود. این کتاب

1. Historia animalium

موجودات افسانه‌ای و تخیلی، بخصوص هیولاهای دریایی، را در بر می‌گرفت تا اثری جامع باشد. این کتاب افزون بر توضیح و تشریح مباحث، حاوی تصویرهایی بود که گسنر ساخت کلیشه‌ی آن‌ها را بر عهده‌ی هنرمندان زمانه‌اش نهاده بود؛ این کار برای نخستین‌بار در مورد کتابی از این نوع انجام می‌شد. توضیحات به کمک شکل‌ها همیشه هم دقیق و صحیح نبودند، اما قطعاً کتاب را بسیار مفیدتر می‌کردند، و آن را الگویی برای آیندگان قرار می‌داد.

وی در تفسیرهایش آثار تمامی مؤلفان باستانی مربوطه و همروزگارانشان را توصیف می‌کرد. وی ضرب‌المثل‌ها، نقل قول‌هایی از کتاب مقدس، اساطیر مربوط به بت‌پرستی، و حتی نشانه‌های تصویری[1] مصری را در این کتاب گنجانید. وی بسیاری از مشاهدات مستقیم خودش را در کتاب نیاورده است؛ آن عنصر سرنوشت‌ساز و مهم علم در زمانه‌ی خودش آوازه‌ی زیادی پیدا نکرد. *تاریخچه‌ی گیاهان*[2] او در سال ۱۵٤۱ انتشار یافت، که این کتاب هم به همان ترتیب کتاب قبلی جامع ونخستین اثر جدید در گیاه‌شناسی به‌شمار می‌آمد. وی در سامانه‌ی طبقه‌بندی سیصد سال نسبت به کارل لینه (**۱۷۵۳**) مقدم است.

از جمله سایر نوشته‌های تأثیرگذار گسنر می‌توان *گوهر جدید سلامتی*[3] را برشمرد، که در آن توصیف شده که چگونه بسیاری از داروهای مفیدی را می‌شود از عصاره‌ی گیاهان به دست آورد. در کتاب دیگرش تحت عنوان *درباره‌ی اشیای سنگواره*[4] (عنوان کامل آن: *کتابی درباره‌ی اشیاء، عمدتاً سنگ‌ها و جواهرات، شکل و کاربرد آن‌ها*) شواهد مستحکمی، به یاری تصویر، ارائه داد مبنی بر این‌که بسیاری از سنگواره‌ها بازمانده‌های موجوداتی‌اند که زمان بسیار درازی از مرگ آن‌ها می‌گذرد. او هم، مانند لئوناردو دا وینچی، در متقاعد کردن بسیاری از مردم ناکام ماند، زیرا نتوانست توضیح دهد که بافت‌های گیاهی و جانوری چگونه به سنگ تبدیل می‌شوند.

آندره‌آس وسالیوس: کشف بدن آدمی

۱۵۴۳ یکی از دو کتاب علمی دوران‌سازی که در ۱۵٤۳ انتشار یافت (دیگری را کوپرنیک تألیف کرد) عبارت بود از *ساختمان بدن آدمی*[5] تألیف دکتر آندره‌آس وسالیوس فلاندری. وسالیوس در این کتاب ــ در واقع در تمامی آموزه‌هایش

1. hieroglyphs
2. Historia plantarum
3. New Jewel of Health
4. On Fossil Objects
5. The Fabric of the Human Body

ـــ مرجعیت و اقتدار جالینوس مؤلف یونانی را به چالش کشید؛ نوشته‌های جالینوس به مدتی بیشتر از ۱۰۰۰ سال معیار و ملاک طب و کالبدشناسی بوده است.

در حالی جالینوس ظاهراً هرگز یک جسد انسان را تشریح و کالبدشکافی نکرده بود فقط به مشاهداتش از بدن خوک و میمون متکی بود، وسالیوس بر مشاهدات خودش از ساختار درونی بدن آدمی اتکا داشت که از طریق کالبدشکافی بر وی معلوم شده بود. وی به بسیار اشتباهات در توصیف‌های جالینوس پی برد که اقتدار این مرجع یونان قدیم را به تمامی سست کرد و تحلیل برد. اما وسالیوس ـــ حتی در دانشگاه خودش پادوئا ـــ در میان تشکیلات پزشکی که جالینوس کماکان در نزد آنان مرجع والاتر به‌شمار می‌آمد، دشمنان قدرتمندی به هم زده بود. بسیاری در کلیسای کاتولیک او را متهم به هواداری از پیروان لوتر و کالون کردند.

چنین تعارض‌ها و منازعه‌هایی قسمت اعظم زندگی و حیات او را در بر می‌گرفت هرچند که به عنوان حکیم و دواساز شارل پنجم امپراتور روم مقدس و پسرش فیلیپ دوم پادشاه اسپانیا برگمارده شده بود. پیش از آن‌که به پیشگاه دادگاه تفتیش عقاید فرا خوانده شود، ناگزیر شد در پنجاه سالگی راه زیارت سرزمین مقدس را پیش گیرد و دیگر هرگز از آنجا برنگشت.

وسالیوس کارهایی بیش از تصحیح بسیاری خطاها انجام داد که در اثر جالینوس یافت (خطاهایی که از طریق معلمانی به نسل‌های بعدی انتقال یافته بود؛ معلمانی که جز استناد به مرجعیت جالینوس کار دیگری نکرده بودند). وی سنت مدرن کالبدشناسی بر پایه‌ی مشاهده‌ی دقیق را بنیاد نهاد و نخستین توصیف‌های منطقی و درست ساختار مغز و جزئیات دستگاه گوارش آدمی را فراهم آورد. وسالیوس، مانند آگریکولا (**۱۵٤٦**) در حوزه‌ی زمین‌شناسی (**۱۵٤٦**)، در مقیاس بزرگ نمونه‌ی پژوهشگر علمی مدرن بود، که نظریه را با حقایق منطبق می‌کرد و نه برعکس.

درحالی‌که وسالیوس و سایر متخصصان کالبدشناسی زمانه‌اش (**۱۵۵۲**) توصیف دقیق و جامعی از چگونگی به نظر رسیدن بدن آدمی فراهم آوردند، از چگونگی کارکرد آن اطلاعات چندانی در دست نداشت. پیشرفت واقعی در این زمینه وقتی حاصل شد که فیزیک و شیمی به آن حوزه راه یافتند.

نیکولا کوپرنیک: انقلابی در افلاک

۱۵۴۳ در سال ۱۵٤۳، سالی که آندره‌آس وسالیوس اقتدار و مرجعیت هزار ساله‌ی جالینوس حکیم یونانی را مورد پرسش و تردید قرار داد، نیکولاس کوپرنیک

ستاره‌شناس لهستانی در کتابش، *گردش افلاک آسمانی*[1]، دیدگاه‌های حتی محترم‌تر و مقدس‌تر بطلمیوس و ارسطو را به چالش کشید.

ساختار شناخته‌شده‌ی جهان هستی موضوع مورد بحث بود: خورشید، ماه و پنج سیاره، همراه با زمین، واقع در میانه‌ی یک کره‌ی عظیم متشکل از «ستارگان ثابت». اقتدار و مرجعیت بطلمیوس و ارسطو، به پشت‌گرمی اقتدار کلیسا، زمین را به عنوان «اقامتگاه انسان»، مکان مرکزی عالم، پذیرفته بودند. زمین در این جایگاه مرکزی خود بدون حرکت با تمام اشیای آسمانی دیگر که آسمان پر ستاره به دور آن می‌گشت، آرمیده بود.

کوپرنیک در نگاه جدیدش به نظم آسمانی با بی‌پروایی و جسورانه خورشید را در مرکز قرار داد. از آن پس زمین حالا دیگر صرفاً یکی از شش سیاره در مداری به دور خورشید بود. وی اعلام کرد که تمامی الگوهای پیچیده‌ی حرکت افلاک را می‌شد به کمک چرخش روزانه‌ی زمین حول محورش و حرکت سالانه‌ی زمین حول خورشید، توضیح داد.

این ایده چیز جدیدی نبود؛ برخی متفکران یونان باستان خورشید را در مرکز عالم تصور کرده بودند، از این رو باید زمین متحرک تلقی می‌شد. همان وقت می‌دانستند که خورشید خیلی بزرگ‌تر از زمین است؛ همین تصور این احتمال را بسیار تقویت می‌کردکه خورشید در مرکز واقع است. اما، دیدگاه زمین‌مرکزی هم حامیان قدرتمندتری داشت. افزون بر این‌ها، منظومه‌ی جدید برای راه و روش پیش‌بینی مکان ظهور سیارات در آسمان بهتر از منظومه‌ی بطلمیوسی نبود و از پیچیدگی‌های خاص خود برخوردار بود، زیرا کوپرنیک در کمند این ایده‌ی قدیمی گرفتار بود که مدارهای سیارات باید دایره‌های کامل باشند (**۱۶۰۹**).

> *دانستن یعنی این‌که از آنچه می‌دانیم اطلاع داریم، و دانستن یعنی این‌که از آنچه نمی‌دانیم اطلاع نداریم؛ معرفت حقیقی همین است.*
>
> نیکولا کوپرنیک

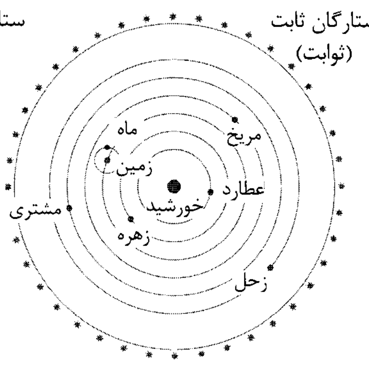
کوپرنیک خودش آدمی مذهبی بود، اما بر اثر چالش بر سر عالم زمین‌مرکزی، که اکثر مردم آن را مورد حمایت کتاب مقدس می‌دانستند، وی مطمئن بود که در میان مقامات کلیسایی مخالفت‌هایی بر خواهد انگیخت. برای جلوگیری کردن از مشکلات

---

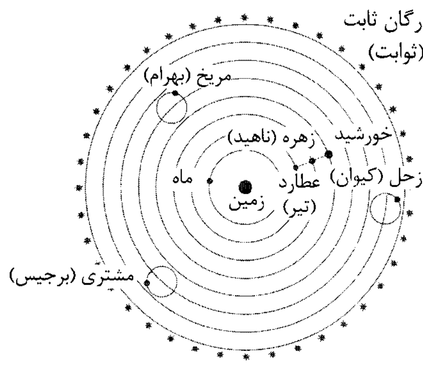
1. *The Revolutions of the Heavenly Spheres*

و دردسرهایی که می‌توانست پدید آید، یکی از همقطارانش (بدون تأیید یا حتی اطلاع مؤلف) پیشگفتاری بر این کتاب نگاشت که در آن بیان می‌شد این «مدل» تنها کمکی برای محاسبه است و ضرورتاً با واقعیت منطبق نیست.

کوپرنیک برای انتشار این اثر شتاب و عجله‌ای به خرج نمی‌داد، و دیدگاه‌هایش را در ظرف ۳۰ سال پالود و در آن‌ها تجدید نظر کرد. اگر ریاضیدان جوان آلمانی، کئورک رتیکوس، که دو سال مهمان او بود، اصرار نمی‌ورزید، این کتاب آن موقع هم انتشار نمی‌یافت. (در سال **١٦٨٤** ادموند هالی همین خدمت را برای آیزاک نیوتون بی‌میل به چاپ یکی از آثارش انجام داد.)



منظومه‌ی کوپرنیکی



منظومه‌ی بطلیموسی

در مدل بطلمیوسی منظومه‌ی شمسی همه چیز زمین ثابت و بی‌حرکت را دور می‌زد. کوپرنیک منظومه‌ی خورشید مرکزی را به جای آن ابداع و طراحی کرد. طرح و آرایش در واقع نسبت به آنچه در اینجا نمایش داده می‌شود بسیار پیچیده‌تر بود. بطلمیوس برای توضیح دادن این نکته که چرا عطارد و زهره همواره در آسمان در نزدیکی خورشید قرار دارند نیاز به سه جسم داشت که به نحوی بدون توضیح به یکدیگر متصل باشند به گونه‌ای که به صورت یک گروه زمین را دور بزنند. کوپرنیک به توضیح بسیار ساده‌تری نیاز داشت: این دو سیاره به خورشید نزدیک‌ترند تا به زمین.

بطلمیوس برای توضیح دادن «حرکت رجوعی یا حرکت رجعی»، یعنی حرکت ظاهری رو به عقب مریخ، مشتری و زحل در برابر ستارگان دورتر به مدت چند ماه در هر سال، این نظر را اظهار داشت که سیارات سالانه مسافت‌هایی را گرد دوایری کوچک («دوایر تدویر»)، که مراکز آن‌ها به دور زمین می‌گردند، طی می‌کنند. در نزد کوپرنیک این پدیده توهم و خطای ادراک بود، یعنی پیامد اجتناب‌ناپذیر حرکت هم‌زمان (مقارن) زمین و سایر سیارات بر گرد خورشید.

کوپرنیک پس از طی مطالعات ابتدایی در ایتالیا، سال‌ها در مقامی کلیسایی در سیلزی (لهستان) خدمت کرد و در حیات و زندگی اجتماعی فعال بود، از جمله به عنوان سیاستمرد و حتی اقتصاددان. یک نسخه از اثر عظیم او یک روز پیش از آن‌که بر اثر سکته‌ی مغزی از دنیا برود، به دستش رسید.

جیرولامو فراکاستورو: بذرهای بیماری

۱۵۴۶

ایتالیای قرن شانزدهم از «مردان رنسانسی» ــ مردانی که دقیقاً در هر زمینه‌ی هنر و علم شناخته‌شده‌ای مهارت و اطلاع داشتند ــ سرشار بود. لئوناردو دا وینچی در میان این گروه از همه بزرگ‌تر بود. جیرولامو فراکاستورو طب را پیشه‌ی خود کرده بود، اما شعر هم می‌گفت، در حوزه‌ی موسیقی فعال بود و کتاب‌هایی در زمینه‌ی جغرافیا، ستاره‌شناسی و الهیات تألیف کرد. وی مورد وثوق پاپ و سایر مردان قدرتمند زمانه‌اش بود.

او در ورونا زاده شد، در پادوئا درس خواند که در آنجا با نیکولای کوپرنیک همکلاس بود و با هم دوست شدند. وقتی سازندگان برج و باروی جدید در ورونا سنگواره‌هایی یافتند که مانند جانوران صدف‌داری بودند که از دل صخره‌ها بیرون افتادند، وی این دیدگاه افراطی (هم‌رأی با دا وینچی) را ابراز داشت، مبنی بر این‌که این‌ها بازمانده‌های جانورانی‌اند که زمانی در آن ناحیه می‌زیسته‌اند.

از جمله‌ی میراث فراکاستورو یکی هم عبارت است از نخستین بیان «نظریه‌ی میکروبی» بیماری‌ها، یکصد سال پیش از آن که چنین موجودات زنده‌ای دیده شوند (۱٦٧٣) و سیصد سال پیش از آن‌که لویی پاستور و رابرت کخ وجود چنین چیزی را اثبات کنند (۱۸٧٦). فراکاستورو توجه کرد که بیماری واگیردار به چه سرعتی می‌تواند از طریق جمعیت‌های انسان و حیوان شیوع یابد (وی شاهد همه‌گیری احتمالاً یک بیماری و دهان در یک گلّه‌ی محلی بوده است). در سال ۱۵٤٦ وی اظهار نظر کرد که شیوع بیماری‌ها به این ترتیب از طریق «بذرهای بیماری» صورت می‌گیرد، که با تماس مستقیم، لباس آلوده یا حتی در هوا منتقل می‌شوند. در آن زمان، باور همگانی بر این بود که بیماری‌های واگیردار نتیجه‌ی خشم خداوند بر شرارت و رذالت انسانی‌اند.

فراکاستورو برای حدسیات و آرای خود هیچگونه گواه و شاهد مستحکم و پرمایه‌ای در اختیار نداشت. ایده‌هایش نظری بودند و عموماً رد شدند. با همه‌ی این احوال، تأثیر و نفوذش کافی بود که پاپ را وادارد در سال ۱۵٤۵ شورای ترنت را برای

دوری گزیدن از شیوع بیماری و در امان ماندن از آن، به بولونیا منتقل کند. این بیماری احتمالاً تیفوس بوده است، که وی کوتاه‌زمانی بعد برای نخستین‌بار آن را توصیف کرد.

فراکاستورو در سال ۱۵۳۰ شعری درباره‌ی یک «بیماری فرانسوی» گفت که از طریق تماس جنسی سرایت می‌کرد و ما امروز آن را سیفلیس می‌نامیم، نامی که از عنوان همان شعر برگرفته شده است. چهار قرن بعد، نشریه‌ی پزشکی *لانست*[1] فراکاستورو را در حکم مردی توصیف کرد که بیشترین سهم را در «اشاعه‌ی شناختِ خاستگاه، جزئیات بالینی و درمان‌های قابل دسترس بیماری در سرتاسر یک اروپای آشوب‌زده» ادا کرده است.

اگریکولا: نخستین زمین‌شناس

۱۵۴۶ اگر بتوان از کسی یاد کرد که مطالعه‌ی روش‌مند سنگ‌ها و صخره‌ها را، که بعداً «زمین‌شناسی» نامیده شد، بنیاد نهاده است، آن شخص جز کئورگ بروئر اهل ساکسونی (آلمان) نیست، که بیشتر به عنوان آگریکولا نامبردار است. وی دانشمندی مدرن به این معنا بود که بر مشاهدات و آزمایش‌های خودش یا اطلاعاتی که از منابع بسیار مطمئن دریافت می‌کرد، اتکا داشت. مشهورترین کتابش، که در سال ۱۵۵٦ پس از مرگش انتشار یافت عبارت بود از *درمتالیکا*[2] متنی در خصوص معدن‌کاری و فلزشناسی که تا دو قرن بعد هم از آن سود جَستند. در این کتاب، غیر از سایر مطالب طرز تهیه‌ی نیتریک و سولفوریک اسید تشریح شده است.

دو عنوان از کتاب‌هایش، که هر دو در سال ۱۵٤٦ منتشر شدند، در مطالعات ساختارهای زمین‌شناسی و «سنگواره‌ها»، که در آن زمان به معنای هر چیزی بود که از زمین بیرون می‌کشیدند، تأثیرگذار و دوران‌ساز بودند. اگریکولا باد و آب را در حکم نیروهای عمده‌ای تشریح کرد که ظاهر سطح زمین را شکل می‌داد، و اظهار می‌داشت که زمین‌لرزه‌ها و آتشفشان‌ها نشانه‌های گرمای درون زمین‌اند.

اگریکولا اظهار نظر کرد که سنگواره‌های یافته شده در صخره‌ها و سنگ‌هایی که شکافته شده‌اند پوسته‌هایی‌اند شبیه به پوسته‌ی موجودات زنده. اما، به ندرت اظهار داشته که سنگواره‌ها نمایانگر موجوداتی‌اند که زمانی زنده بوده‌اند، چرا که این امر موضوع مباحثاتی پرشور و پردامنه در آن زمان بود و تا یکصد سال بعدی هم حل و فصل نشد و فرو نخوابید.

---
1. The Lancet
2. De Re Metallica

آگریکولا هم مثل بسیاری از فیلسوفان طبیعی زمان خودش، کار خود را از طب آغاز کرد. وی بعداً به مطالعه‌ی صخره‌ها و کانی‌ها پرداخت، عمدتاً به این دلیل که در روستای Joachimstal، جایگاه معادن نقره‌ی آن زمان، کار می‌کرد. وی در دولت محلی و دربار دوک ساکسونی مقام‌هایی داشت.

ساعت‌ها، تفنگ‌ها و ماشین‌های بافتنی

فناوری قرن شانزدهم

فناوری قرن شانزدهمی در دستان صنعتگران و استادکاران و مهندسان بود. این قرن‌ها پیش از آن بود که علم تأثیر بسیار خود را بر جای گذارد. ساعت‌ها پیشرفته‌ترین ماشین‌های روزگار بودند، که برج‌های کلیساها و ساختمان‌های عمومی را تزئین می‌کردند. در سال ۱۵۱۵ یک ساعت‌ساز آلمانی نخستین ساعت جیبی را طراحی کرد.

برای نبردهای بسیاری که در آن زمان جریان داشت سلاح‌های کوچک در ۱۵۱۵ با اختراع «قفل گلنگدن» پیشرفت کردند؛ این وسیله به سنگ آتش‌زنه‌ی روی فولاد ضربه وارد می‌آورد تا با جرقه بر باروت بزند. برای نسل‌های بعدی، یک تفنگ را می‌شد به سه جزء تقسیم کرد: سازوکار (مکانیسم) آتش، بخش چوبی یا قنداق که بر شانه قرار می‌گرفت و لوله‌ی فلزی در بخش جلویی؛ به این ترتیب «گلنگدن، قنداق و لوله» اجزای تفنگ را تشکیل می‌دهند. دقت نشانه‌گیری سلاح‌های کوچک بعد از ۱۵۵۰ با ابداع خان‌کشی داخل لوله‌ی تفنگ برای چرخاندن گلوله‌ها و بازداشتن آن از حرکت آشفته، افزایش یافت.

اگر بر سر ادعاهای ارضی سرزمین‌ها درگیر کشمکش بودند، باید مرزها را با بهره‌گیری از فناوری‌های جدید مساحی و نقشه‌برداری تثبیت می‌کردند؛ این فناوری‌ها عبارت بودند از مثلث‌بندی (سه زاویه‌بندی) و استفاده از ابزاری به نام طول‌یاب یا تئودولیت. نجوم و ستاره‌شناسی، همپای ریاضیات، ثمربخشی‌اش را در طراحی و تدوین تقویمی جدید که پاپ گریگوری سیزدهم در سال ۱۵۸۲ ارائه کرد (و به این علت تقویم گریگوری نامیده شد) نشان داد. در این تقویم وقوع سال کبیسه تعدیل شد تا طول سال را دقیق‌تر نشان دهد. دولت‌های کاتولیک فوراً آن را پذیرفتند و تقویم رسمی خود را اختیار کردند؛ مناطق پروتستان با تأخیر، عموماً چند قرنی، آن را پذیرفتند.

اکثر مردان علم، مانند هنرمندان، ناگزیر بودند به امور نظامی هم توجه داشته باشند، بخصوص این‌که در خدمت منافع حامیانشان بودند؛ حامیانی که غالباً در وضعیت جنگ به سر می‌بردند. آنان ناگزیر بودند برای ساختن استحکامات نظامی نقش مهندس را هم ایفا کنند، و ریاضیدانان اولیه غالباً در خصوص اصلاح دقت مسیر گلوله‌های توپ و تفنگ مطالعه و کار می‌کردند. برای ساخت شمشیر، نیزه و لوله‌ی توپ، و نیز خیش و گاوآهن و سایر ابزار صلح‌آمیز، فلزاتی ضروری بود، و از این رو دستنامه‌هایی برای استخراج و ذوب فلزات، مانند

کتاب *دِ رِ متالیکا* (**۱۵۴۶**) تهیه شد.

کشف و پوییدن سرزمین‌های جدید هنوز هم جدّ و جهدی پر هیجان به حساب می‌آمد، و از این‌رو نخستین جهانگردی‌ها با کشتی و دور زدن کامل کره‌ی زمین با کشتی‌های فردیناند ماژلان اسپانیایی در سال ۱۵۲۱، و کشتی *گوزن طلایی* به فرماندهی فرانسیس دریک انگلیسی در سال ۱۵۸۰ انجام شد. نقشه و قطب‌نما عناصر کلیدی و تعیین‌کننده‌ی فناوری بودند، که در ترسیم نقشه در سرزمین‌های پست (بلژیک و هلند) به دست نقشه‌کش‌ها پیشرفت‌هایی دست داده بود و مطالعه در زمینه‌ی قطب‌نما (**۱۵۸۱**) توجه به شناخت ماهیت آهنربا را برانگیخت (**۱۶۰۰**).

نخستین نظر اجمالی آن عصر به ماشین‌ها و صنعت با اختراع «ماشین بافتنی» برای بافتن جوراب، به وسیله‌ی کشیش انگلیسی، ویلیام دی[1]، تحقق یافت. وی که در انگلیس نتوانست اختراع خود را به ثبت برساند، این کار را در فرانسه راه انداخت. اختراع نخستین سیفون توالت به دست سِر جان هَرینگتون، درباری انگلیسی، که به خاطر نقل حکایت‌های مبتذل از دربار رانده شده بود، گامی به سوی ارتقای کیفیت زندگی به‌شمار می‌رفت.

---

1. William Dee

۱۵۵۱ — ۱۶۰۰

چشم‌انداز جهان در این دوره

طی این سال‌ها اروپا کماکان بین طرف‌ها و حکومت‌های کاتولیک و پروتستان تقسیم و پاره پاره می‌شد، که رقابت بین آن‌ها بر سر تجارت و دسترسی به سرزمین‌های خارجی، و کشمکش برای حفظ و نگه‌داری مرزها و اجزا و مستملکات قلمروها جریان داشت. در سال ۱۵۵٦ که شارل پنجم امپراتور هابسبورگ در صومعه‌ای معتکف شد، فرمانروایی شمال ایتالیا، هلند و سرزمین‌های تسخیرشده‌ی آن سوی دریاها در دنیای جدید به پسرش فیلیپ دوم اسپانیایی به ارث رسید. حکمرانی و پادشاهی اتریش و ناحیه‌ی مرکزی آلمان و سرزمین کوچک امپراتوری روم مقدس به برادرش فردریک رسید.

فروبومان (هلند و بلژیک بعدی) به عرصه‌ی کارزار جاه‌طلبی‌ها بدل شد، که اهالی خود این سرزمین‌ها نیز برای استقلال از اسپانیا مبارزه می‌کردند که این اتفاقات با مداخله‌ی فرانسه و انگلستان هم همراه می‌شد. رقابت انگلستان و اسپانیا، که اختلافات مذهبی به آن دامن می‌زد، و اعدام ماری، ملکه‌ی کاتولیک اسکاتلند و شبیخون «دریاستیز»های انگلیسی به ناوگان گنجینه‌های اسپانیایی، در سال ۱۵۸۸ «جهازات شکست‌ناپذیر اسپانیا» را به نبرد برانگیخت.

تنش‌های مذهبی و سیاسی در بین حکومت‌ها کماکان ادامه داشت. اسپانیا مهار اداره‌ی پرتغال را به چنگ گرفت و به ایذاء و آزار مسلمانان آن دیار (مورها) پرداخت. جلوس ملکه الیزابت بر تخت سلطنت انگلستان در سال ۱۵۵۸ سرانجام خصومت آشکار بین کاتولیک‌ها و پروتستان‌ها را تخفیف داد. دسته‌ها و گروه‌ها برای به دست گرفتن زمام امور در فرانسه با هم درگیر شدند. وقتی هانری چهارم، رهبر هوگنوهای پروتستان و نخستین فرمانروا از دودمان بوربون، به قدرت رسید، به پیروانش در

چارچوب فرمان نانت[۱] آزادی مذهبی اعطا کرد (۱۵۹۸). برای مدتی آزار و اذیتی که قتل عام روز بارتلمی مقدس نمونه‌ی آن به‌شمار می‌آمد، پایان گرفت.

روسیه تحت فرمانروایی نخستین تزارش شروع به پیشروی در هر دو جهت شرق و غرب کرد، که با مستعمره‌سازی سیبری آغاز شد. به جنگ با همسایه‌اش لهستان پرداخت و به سرزمینی که امروز کشورهای بالتیک است، هجوم آورد. این کشمکش‌ها به سوئد نیز کشیده شد. ترک‌های عثمانی کماکان در جنوب شرقی با اروپا درگیر بودند و در خشکی بر علیه اتریش و در دریا بر علیه اسپانیا و ونیز می‌جنگیدند. دفاع در نبرد دریایی سپانتو در سال ۱۵۷۱ جاه‌طلبی‌های آنان را فرو نشاند، هرچند که بعداً قبرس را تسخیر کردند.

هنر و اندیشه

نقاشی همچنان در ایتالیا، مثلاً، با آثار ورونسه (*ازدواج در قانا*، ۱۵٦۲) و کاراوادجو شکوفا و بالنده بود. مراکز جدید فعالیت اکنون در فروبومان (هلند و بلژیک)، با پیتر بروگِل (*برج بابل*، ۱۵٦۳)، و در اسپانیا با اِل گِرکو، پدید می‌آمدند.

استعدادهای بزرگ جدیدی در موسیقی، مانند جووانی پالسترینا، جووانی گابریلی و کلادیو مونته وردی در ایتالیا؛ رولاند در باسوس آهنگساز فلاندری؛ و توماس تالیز، ویلیام بیرد و جان داولند انگلیسی شکوفا شدند و گل کردند. اکثر آنان در موسیقی مذهبی و نیز غیرمذهبی (سکولار) سرآمد بودند. البته هر آدم درس‌خوانده‌ای می‌توانست در گروه آوازخوانان بخواند یا یکی از آلات موسیقی را بنوازد.

ادبیات را عمدتاً شعر، نمایشنامه و کتاب‌های تاریخی و جغرافیایی تشکیل می‌داد؛ معدود آثاری هم در زمینه‌ی ادبیات داستانی به نثر پدید آمده بود. نوستراداموس فرانسوی کتاب‌های پیشگویی خود را منتشر کرد؛ نمایشنامه‌ها و قصه‌هایی اثر هانس ساچه «از استادان مکتب شعر و موسیقی نورنبرگ» منتشر شد. در اواخر این قرن، نمایشنامه‌های اولیه‌ی ویلیام شکسپیر انگلیسی (*رومئو و ژولیت*، ۱۵۹۵) در تئاتر گلوب جدید لندن اجرا شد، که از جمله ثمره‌های عمر کوتاه کریستوفر مارلو (*دکتر فاستوس*، ۱۵۸۸) هم در آنجا اجرا شد؛ کریستوفر مارلو در یک درگیری در میکده به قتل رسید. ادموند اسپنسر شاعر *ملکه فاری* را سرود (۱۵۹٦).

---

۱. Edict of Nantes، ۱۵۹۸. فرمانی که هانری چهارم، شاه فرانسه، پس از ویرانی این سرزمین در نتیجه‌ی جنگ‌های صلیبی در شهر نانت صادر کرد و حقوق پروتستان‌های فرانسوی را در چارچوب آن به رسمیت شناخت و معین کرد. م

اکتشاف

بازیگران جدید، چون فرانسه، هلند و انگلستان، به مسابقه‌ی اکتشاف و بهره‌برداری از منابع سرزمین‌ها و فرصت‌های جدید برای تجارت وارد شدند. این کشورها بنگاه‌هایی بازرگانی چون کمپانی هند شرقی، با سهامداران خصوصی اما غالباً با حمایت دربار سلطنتی تأسیس کردند. هیئت‌های اعزامی فرانسوی، سرانجام ناکامیاب، تلاش کردند مستعمره‌هایی در دنیای جدید برپا دارند. فرانسیس دریک انگلیسی دومین سفر دریایی را سوار بر کشتی *گلدن هیند* (گوزن زرین) تکمیل کرد، در حالی که در امتداد ساحل غربی سرزمینی که امروزه آمریکای شمالی نام دارد کشتی راند و در سال ۱۵۷۸ مدعی مالکیت کالیفرنیا شد.

تا سال ۱۶۰۰ نقشه‌کش‌ها خطوط کلی پنج قاره (اروپا، آسیا، آفریقا، آمریکای شمالی و آمریکای جنوبی) را، البته بدون جزئیات، بخصوص در نواحی مرکز و به سوی قطب‌ها، ترسیم کرده بودند. خیلی‌ها گمان می‌بردند که قاره‌ی ششمی هم در آن سوی جنوب وجود داشته باشد و طرح کلی آن هم در بسیاری از نقشه‌ها ترسیم شده بود، اما کماکان گنگ و پیچیده باقی ماند. دریک با دور زدن آمریکای جنوبی نشان داد که بین آمریکای جنوبی و یک «سرزمین جنوبی پهناور»، اگر چنین سرزمینی وجود می‌داشت، دریای آزاد واقع شده است. پهنه‌های گسترده و نامکشوف سیبری کم‌کم شناخته می‌شد و به زیر سلطه‌ی نیروهای روسیه می‌رفتند، که در حال پیشروی تدریجی به سوی شرق بودند.

گسترش آفاق

از سال ۱۵۵۰ کانون فعالیت در حوزه‌ی علم از ایتالیا شروع به انتقال به شمال و غرب کرد. موقتاً از فرانسه گذر کرد و در کشورهایی استقرار یافت که نهضت اصلاح دینی در آن سرزمین‌ها تأثیری بسزا بر جای نهاده بود: فروبومان (هلند و بلژیک)، دانمارک و انگلستان. در حوزه‌ی نجوم، با افزایش چالش با ایده‌های قدیمی مربوط به ساختار جهان هستی، پیشرفت‌های عمده‌ای صورت گرفت. در حوزه‌ی فیزیک

مفاهیم جدیدی سر برآورد؛ مفاهیم اعلام شده از جانب ارسطو به نحو روزافزونی مورد تردید قرار گرفت.

ایتالیا همچنان در فهم و ادراک کالبدشناسی آدمی سهم اساسی داشت، اما فیزیک در جای دیگری برای خود کاشانه گزید. مثلاً، سیمون استیون هلندی و رابرت نورمن انگلیسی بود. البته گالیله استثنا به‌شمار می‌آمد. ظهور وی در دهه‌های بعدی این قرن (هفدهم) یکی از بارآورترین دوران یافته‌ها به وسیله یک تک‌نفر را آغاز کرد.

کشف‌ها و یافته‌های درخور توجه و چشمگیر غالباً به دست مردان اهل عمل، مانند ترسیم‌کنندگان نقشه و قطب‌نماسازها، و مهندسان تحقق پذیرفت. برخی از آنان مورد پشتیبانی قرار گرفتند: تیکو براهه منجم پادشاه دانمارک بود؛ ویلیام گیلبرت یکی از پزشکان سلطنتی به‌شمار می‌آمد.

کابریئل فالوپیوس و بارتلمی ائوستاشیو: اجزای دیگر بدن

۱۵۵۱ طبیبان گوناگون متأثر از زحمات و تلاش‌های آندره‌آس وسالیوس (۱۵٤۳) برای تشریح دقیق کالبدشناسی آدمی، به کاوش در معماری و ساختار بدن انسان‌ها پرداختند. بسیاری از این افراد اهل ایتالیا بودند که در آن سرزمین کالبدشناسی، بخصوص در دانشگاه پادوئا، در خط مقدم جهان قرار داشت. کابریئل فالوپیوس و بارتلمی ائوستاشیو دو تن از این افراد بودند و همراه با وسالیوس علی‌الاصول علم نوین کالبدشناسی آدمی را یافتند.

فالوپیوس، شاگرد و جانشین وسالیوس، یکی از ستارگان پادوئا بود که هم در کالبدشناسی و هم جراحی به مقام استادی رسیده و نظارت بر باغ‌های گیاه‌شناسی را هم بر عهده داشت. وی در جوانی (۳۹ سالگی) درگذشت اما پیش از آن لوله‌های باریک بسیاری یا «لوله‌های رحمی» (مجرای جانبی تخمدان) را که بین تخمدان‌ها و رحم انسان مؤنث رابطه برقرار می‌کنند، کشف کرده بود. این لوله‌ها اکنون به نام خود او (لوله‌های فالوپیوس) نامیده می‌شوند. وی به کارکرد استخوان‌های کوچکی در گوش که پرده‌ی گوش را به گوش میانی، محل حس شنوایی، وصل می‌کنند، پی برد.

ائوستاشیو، کم‌سن و سال‌تر از فالوپیوس، در رُم شکوفا شد و رشد کرد. وی به عنوان کالبدشناس احتمالاً همپای وسالیوس بوده اما بسیاری از یافته‌های او به مدت یکصد سال کم‌تر شناخته شد. در سال ۱۵۵۲ دو کشف مهم را اعلام کرد: یکی در گوش، یعنی لوله‌ای که گوش میانی را به پشت حلق متصل می‌کند، و دیگری در

قلب، دریچه‌ای در زائده‌ی دیواره‌ی دهلیز. این هر دو عضو را به نام وی «آئوستاشی یا اوستاشی» نامیده‌اند. وی نخستین توصیف‌های جامع غده‌ی فوق کلیوی، مجرای صدری (مجرای سینه) و ساختار دندان‌ها را ارائه داد.

گرهارد/ خرارت مرکاتور و آبراهام اورتلیوس: نقشه‌برداری از جهان

۱۵۶۹

در خلال قرن شانزدهم با حضور کشتی‌های اروپایی در شرق و غرب کره‌ی زمین افزایشی ناگهانی و درخور توجه در حوزه‌ی اکتشاف سرزمین‌های ناشناخته اتفاق افتاد. لازم بود که سرزمین‌های نویافته بر روی نقشه مشخص شوند. مهارت‌های نقشه‌کش‌ها، بخصوص ترسیم‌کنندگان نقشه‌ی اهل هلند و بلژیک، مانند خرارت مرکاتور و آبراهام اورتلیوس، پرورش یافت تا این نیاز را برآورده و تأمین کند.

چالش پیش روی آنان از این قرار بود که سطح و رویه‌ی منحنی کره‌ی زمین را چگونه بر نمودارها و نقشه‌های تخت نمایش دهند به نحوی که تغییر شکل‌ها و کجی و انحراف‌های اجتناب‌ناپذیر را به حداقل برسانند. در سال ۱۵٦۹ مرکاتور نقشه‌ای از دنیای شناخته‌شده را با استفاده از «روش تصویری» مشهورش ترسیم کرد، که در آن خطوط عرض و طول جغرافیایی را عمود بر یکدیگر قرار می‌داد. این روش اندازه (ابعاد) و شکل توده‌های خشکی را در نزدیکی قطب‌ها غیر طبیعی نشان می‌دهد اما در نزدیکی استوا آن را دقیق می‌نمایاند و به این ترتیب بین همه‌ی روش‌های تصویری پر کاربردترین آن‌ها بوده است. در این روش ترسیم مسیر قطب‌نما بر روی نقشه به صورت خطوط مستقیم امکان‌پذیر می‌شود که به جهت‌یابی در دریا یاری زیادی می‌رساند.

دقت و ارزش نقشه‌ها به داده‌هایی وابسته بودند که از آن‌ها استفاده می‌شد، و این داده‌ها به نوبه‌ی خود از ناخدایان و دریانوردان اخذ می‌شد. روش‌های یافتن عرض و طول جغرافیایی در دریا هنوز هم خام و جا نیفتاده بود. می‌توانستند عرض جغرافیایی را از طریق اندازه‌گیری ارتفاع خورشید بر فراز افق در نیمروز (ظهر) یا اندازه‌گیری ستارگان در شب با استفاده از ابزاری ابتدایی مانند گونیای مساحی، تخمین بزنند؛ باید دویست سال دیگر سپری می‌شد تا زاویه‌یاب (سکستانت) بسیار دقیق‌تری پای بر این عرصه گذارد (**۱۷۳۱**). عرض جغرافیایی به نحو پر دامنه‌ای ناوبری برآوردی و مبتنی بر سرعت برآورد شده‌ی کشتی بود. تا قرن هجدهم و تکوین زمان‌سنج (کرونومتر) طول‌های جغرافیایی قابل اطمینان و قابل قبولی در دسترس نبود.

تیکو براهه: ستاره‌ای جدید

۱۵۷۲ تیکو براهه منجم رسمی پادشاه دانمارک بود. وی در رصدخانه‌ی سلطنتی واقع در اورانیبورگ از بهترین ابزار و آلات موجود و پیش از اختراع تلسکوپ برای اندازه‌گیری موضع و حرکت سیارات و ستارگان بهره می‌گرفت. یوهان کپلر آلمانی جوان برای مدتی دستیار اصلی او بود؛ کپلر در زمان خودش (**۱٦۰٤**، **۱٦۰۹**) به آوازه‌ی زیادی دست یافت.

براهه در سال ۱۵۷۲ «ستاره‌ی جدیدی» را در صورت فلکی ذات‌الکرسی مشاهده کرد. این ستاره قبلاً در آن مکان نبوده است. خِرد غالب حکم می‌کرد که افلاک جاودانی و تغییرناپذیرند، از این‌رو این «نواختر» بایستی در درون جوّ زمین، آنجا که طبیعت دستخوش تغییر و واپاشی است، واقع می‌بود. اندازه‌گیری‌های دقیق براهه نشان می‌داد که موضع این ستاره‌ی جدید نسبت به ستارگان پیرامونش در خلال مدتی از سال که مرئی بود، تغییر نمی‌کرد. پس این ستاره باید در خارج از جوّ زمین و بینِ ستارگان باشد، نه در نزدیکی زمین. رویهمرفته افلاک بدون تغییر نبودند، و احتمالاً تحت تأثیر همان قوانینی بودند که رویدادهای طبیعی در زمین هم از آن قوانین متأثر بودند.

براهه از خلق و خوی شاد و پرشوری برخوردار بود. گفته می شود که یک بینی مصنوعی از جنس طلا یا نقره بر روی بینی‌اش می‌گذاشت تا آسیبی را پنهان کند که بر اثر ضربه‌ی شمشیر یک رقیب در مبارزه‌ای (دوئل) بر سر رتبه‌ی نخست در ریاضیات بر بینی‌اش وارد آورده و قسمتی از آن را کنده بود. گفته شده است که پس از یک مهمانی بر اثر انقباض مجرای ادراری ناشی از عفونت، درگذشت. وی مشروب زیادی نوشیده بود، اما برای رعایت آداب معاشرت و به علت خجالتی بودن میز غذاخوری را که مهمانان دور آن نشسته بودند، ترک نکرد ودر نتیجه‌ی فشار ادرار و وارد شدن عفونت در خونش چندی نگذشت که مُرد (**۱۵۷۷**).

تیکو براهه: نه کاملاً هم هم‌رأی کوپرنیک

۱۵۷۷ تیکو براهه، منجم دانمارکی، در پی کشف «ستاره‌ی جدیدش» در سال ۱۵۷۲ به چالش با مدل پذیرفته شده و جا افتاده‌ی جهان هستی ادامه داد، چنان‌که کوپرنیک هم همین کار را کرده بود (**۱۵٤۳**).

در سال ۱۵۷۷ وی به کمک ابزار دقیقش‌اش مسیر یک ستاره‌ی دنباله‌دار را

تعقیب کرد، تا نشان دهد این شیء آسمانی (و احتمالاً تمام ستارگان دنباله‌دار) اشیای دوردستی‌اند، و بسی آن سوی ماه قرار دارند و فقط پدیده‌هایی در جوّ زمین خودمان نیستند. ظاهراً مسیر آن مدار سیارات را قطع می‌کرد، که در این صورت نمی‌توانست مطابق اعتقادات بسیاری مردم از کرات بلورین پهناوری آویخته شده باشند. مدار ستارگان دنباله دایره‌ی کامل هم نبودند، بلکه بسیار کشیده و دراز بودند. عالم و جهان هستی ۱۵۰۰ ساله‌ی ارسطو و بطلمیوس اندک اندک داشت متلاشی می‌شد و از هم می‌گسیخت.

اما براهه همراه و هم‌رأی تمام و کمال کوپرنیک نبود. اگر زمین به راستی در مداری خورشید را دور می‌زد، تمام ستارگان باید درجه‌ای از «اختلاف منظر» را نشان می‌دادند. به مقادیری مختلف با تغییر دیدگاه از زمین به جلو و عقب می‌رفتند. براهه چنین حرکتی را نمی‌توانست مشاهده کند. یعنی این‌که یا زمین اصلاً حرکت نمی‌کرد یا ستارگان خیلی دورتر از آن بودند که این اختلاف منظر مشاهده شود. وی نمی‌توانست چنین گستردگی را تصور کند و از این رو به نگرش و نظر اولی رضایت داد. در مدل جهان هستی او، که در آن زمان بسیار پرطرفدار بود، پنج سیاره‌ی شناخته شده خورشید را دور می‌زدند، اما خورشید (و ماه) زمین بدون حرکت را دور می‌زدند.

دیگرانی بودند که از کوپرنیک عبور کردند. توماس دیگز انگلیسی بر این باور که ستارگان در یک کره ثابت بودند و به بدنه‌ی آن چسبیده بودند، تردید روا داشت. به نظر او ستارگان در فواصل مختلفی واقع بودند، که تا بینهایت کشیده می‌شد. وی این نظر ریشه‌ای‌تر و افراطی‌تر را هم ابراز داشت که ستارگان خورشیدهای دیگری‌اند، که به علت فاصله‌ی فاحشی که دارند به نقطه‌های نورانی کاهش یافته‌اند. شاید بسیاری از آن ها سیاراتی داشته باشند مانند خورشید که دارای سیاراتی است. این نظر زمین را از مرکز عالم حتی بیشتر هم دور می‌کرد.

جوردانو برونو، راهب ایتالیایی، گام دیگری به پیش برداشت و فرض کرد که نه تنها تعداد زیادی جهان وجود دارد بلکه امکان وجود حیات هم در آن‌ها هست. برونو را به اتهام ارتداد بر تل آتش سوزاندند (۱۶۰۰)؛ حمایت‌اش از کوپرنیک یکی از موارد اتهامی علیه او به‌شمار آمد.

براهه مجموعه‌ی فراوانی از اندازه‌گیری‌های دقیق از حرکت سیارات و ستارگان به جانشینان خود تحویل داد. بدون این گنجینه، یوهان کپلر، که زمانی دستیارش بود، نمی‌توانست قوانین حرکت سیاره‌ای را کشف کند (۱۶۰۹).

گالیلئو گالیلئی/ گالیله: قانون آونگ

۱۵۸۱ گالیلئو گالیلئی ایتالیایی، مانند ناپلئون، با نام کوچکش بیشتر شناخته شده است. وینچنزیو پدر گالیله (که نخستین زندگی‌نامه‌نویس او هم به‌شمار می‌آید) موسیقیدان بود. پدر گالیله به کمک آزمایش رابطه‌ی ریاضی بین کشش سیم کشیده شده و گام نُت موسیقی‌ای را که آن سیم ایجاد می‌کرد، یافت. بنابراین گالیله‌ی جوان سرمشق اولیه‌ای در آزمایش و در استفاده از ریاضیات برای بیان قوانین طبیعت در اختیار داشت.

وی در سال ۱۵۸۱ که فقط هفده سال داشت، به نخستین کشف خود نائل آمد. بنا بر حکایتی که زبانزد همگان است، گالیله در کلیسای جامع پیزا ایستاده و به چلچراغ بزرگ که در پیشانی محراب از این سو به آن سو نوسان می‌کرد می‌نگریست و زمان نوسان‌ها را با نبض خود اندازه می‌گرفت. او با نبض آشنا بود، و همان موقع تحصیل در پزشکی را آغاز کرده بود. زمان هر نوسان آونگ به تعدادی مساوی از ضربان قلب طول می‌کشید. بعدها دکتر سنتوریو، دوستش، این کشف را کلاً زیر و رو کرد و به ترتیب دیگری درآورد. وی از آونگ کوچکی به نام «ضربان‌سنج» بهره گرفت که دوره‌های زمانی مساوی را می‌زند تا با آن‌ها نبض بیمار اندازه‌گیری شود.

گالیله چیزی را یافته بود که عرفاً به آن «همفامی یا همزمانی آونگ» گفته‌اند: هر شییء آویخته از یک زنجیر یا ریسمان دارای نوسان‌هایی با زمان‌های مساوی است، مستقل از این‌که این نوسان‌ها بزرگ باشند یا کوچک (یعنی، زمان نوسان آونگ به دامنه‌ی آن بستگی ندارد.) فقط طول آن ریسمان آویز است که «طول زمان» نوسان را تعیین می‌کند. هرچند که این «همفامی یا همزمانی» فقط برای نوسان‌های نسبتاً کم‌دامنه صادق است، اما اساس ساعت آونگی قرار گرفت که برای نخستین‌بار اندازه‌گیری دقیق بازه‌های زمانی کوتاه را امکان‌پذیر کرد. گالیله این ایده را کمی پیش از مرگش ابراز داشت؛ کریستین هویگنس هلندی نخستین کسی بود که چنین وسیله‌ای را، در سال **۱۶۵۶**، ساخت.

هر آونگ همانقدر ساده است که هر تکه یا قطعه‌ی ابزار علمی می‌تواند باشد، اما آونگ علم بسیار مهمی را در سده‌های بعدی پدید آورد. این علم اطلاعات اولیه درباره‌ی شکل زمین (**۱۷۳۶**) و نخستین اثبات واقعی گردش زمین (**۱۸۵۱**) را شامل می‌شد. ◄◄ ۱۵۸۹.

> *در مسائل علم، اقتدار هزاران نفر به استدلال پیش‌پا افتاده‌ی یک تک‌فرد هم نمی‌ارزد.*
>
> **گالیلئو گالیلئی (گالیله)**

رابرت نورمن: ربایش آهنربا

۱۵۸۱

یونانیان باستان اطلاعاتی درباره‌ی «مغناطیس‌های طبیعی» داشتند، تکه سنگ‌های عجیبی که از توانایی ربودن و جذب کردن آهن برخوردار بودند. به نظر می‌رسید که این سنگ‌ها قادرند آن قدرت و توان ربایشی را به تکه‌های آهن منتقل کنند، که به نام شهر ماگنسیا (واقع در ترکیه‌ی کنونی) آن را «ماگنت، مَگنت یا آهنربا» نامیدند؛ آهنربا نخستین بار در شهر ماگنسیا یافت شده است.

یک هزار سال بعد چینی‌ها پی بردند که آهنربایی در یک ظرف یا حوضچه‌ی پر آب بر روی یک تکه نی شناور باشد تقریباً به سوی شمال و جنوب می‌ایستد. قطب‌نما حاصل این یافته است، که در قرن سیزدهم به اروپا رسید. پیتر پرگرینوس با قرار دادن عقربه بر محوری افقی که امکان نوسان را به آن می‌داد، قطب‌نما را اصلاح کرد و بهبود بخشید، و استفاده از این قطب‌نما در خلال سفرهای دریایی متهورانه‌تر اواخر قرن پانزدهم بسی حیاتی و اجتناب‌ناپذیر بوده است.

دریانوردان به دو نکته درباره‌ی قطب‌نما توجه کردند. اولاً، همیشه هم جهت شمال را نشان نمی‌داد بلکه غالباً به سوی شرق یا غرب شمال، بسته به این‌که شما کجا قرار داشتید، اشاره می‌کرد. این تفاوت و اختلاف به عنوان «میل مغناطیسی» یا «تغییر عقربه‌ی قطب‌نما» شناخته شد. این وضعیت را نخستین بار ادموند هالی به طور منظم و روش‌مندانه‌ای ترسیم و مشخص کرد (**۱۷۰۲**).

ثانیاً، عقربه به طور افقی نمی‌ایستاد؛ سر شمالی آن به پایین کشیده می‌شد. باید تکه‌ای از سر شمالی عقربه بریده می‌شد تا آن را به حالت تعادل درآورد و نوسان آسان و روانی را تأمین کند. این پدیده «میل مغناطیسی» بود که کئورگ هارمنِ نورنبرگی برای نخستین‌بار در سال ۱۵٤٤ آن را کشف کرد و رابرت نورمن انگلیسیِ به تفصیل بیشتری آن را در کتابش تحت عنوان *جاذبه‌ی جدید* در سال ۱۵۸۱ منتشر کرد.

نورمن سازنده‌ی قطب‌نما بود و یک بار قطب‌نمایی را با کوتاه کردن بیش از حد یک سر عقربه‌ی آن برای افقی ایستادنش، خراب کرد و از بین برد. وی برای این‌که

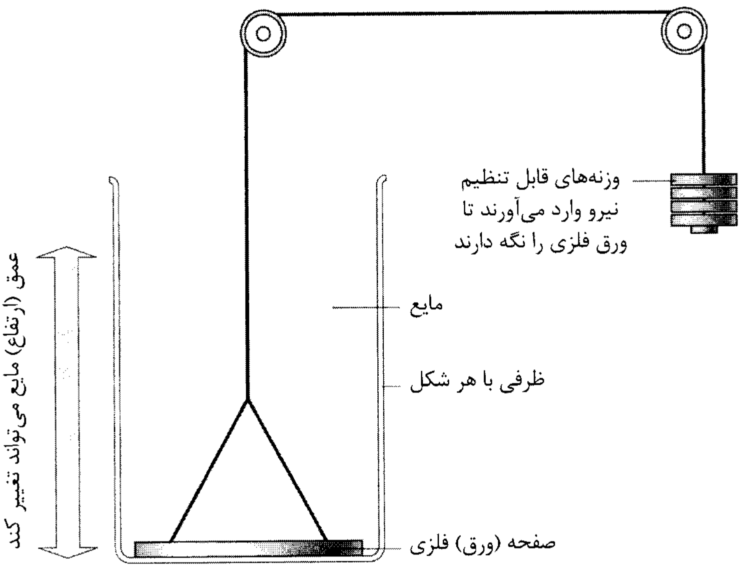
به موضوع بیشتر پی ببرد، عقربه را پیرامون یک محور افقی چنان به حالت تعادل درآورد که می‌توانست آزادانه به پایین و بالا نوسان کند. وی پی برد که سرِ شمالی عقربه با شیب تندی به سوی زمین می‌ایستد. زاویه‌ی میل مغناطیسی معمولاً هر چه بیشتر به شمال می‌رفتید، بزرگ‌تر می‌شد. این یافته‌ها، شاید بر مبنای بررسی پیشین روش‌مند چنین پدیده‌ای، برای هم‌وطن وی ویلیام گیلبرت اهمیت بسیاری یافت وقتی که وی نتیجه‌ی مطالعات خود را درباره‌ی خاصیت مغناطیسی زمین به رشته‌ی تحریر درآورد (۱۶۰۰).

سیمون استوین: نیرو و فشار

۱۵۸۶ به سختی می‌توان مطلب دندان‌گیری از زندگی سیمون استوین (یا استوینوس) یافت؛ مهندسی که در فلاندر (بلژیک کنونی) در اواخر قرن شانزدهم رشد کرد و بالید. وی احتمالاً در ابتدا دفتردار و منشی یک بازرگان بوده، اما بعداً به سفرهای زیادی رفت و ترقی کرد و آدم متنفذی شد. آب‌بندهایی که وی طراحی کرد تا از امکان به زیر آب رفتن سرزمین‌هایی از هلند جلوگیری کند جزئی از دفاع ملی در برابر تهاجم بیگانگان به‌شمار می‌آمدند.

آوازه‌ی او در علم تا حدودی در پیشی گرفتن از آرای گالیله (**۱۵۸۹**) نهفته است که استدلال کرد سرعت اشیایی که از بالا به سطح زمین سقوط می‌کنند به وزن آن‌ها بستگی ندارد. وی احتمالاً اشیای گوناگونی را از بلندی فرو انداخته بود تا نشان دهد این نظرش درست است، و از این‌رو به مقابله با ایده‌های قدرتمند و دیرپای ارسطو برخاست (این امر حکایت آزمایش «برج کج» گالیله را به یاد می‌آورد، که احتمالاً او هرگز آن را انجام نداده است).

وی در حوزه‌ی علوم جدیدی که به نیرو و حرکت در مایعات و گازها می‌پرداختند نیز پیشگام بود. وی اصلی را اعلام کرد که بعداً بلز پاسکال فرانسوی آن را دوباره بیان کرد (**۱۶۵۳**)، و بنابراین اصل فشار وارد بر یک مایع بر دیواره‌های ظرف آن فقط به عمق مایع بستگی دارد و اصلاً به اندازه و شکل مایع وابسته نیست. وی این بینش و شناخت را بر آزمایش بنا نهاد، از وزنه‌هایی بهره برد تا یک صفحه‌ی تخت واقع بر کف یک ظرف پر را در ارتفاع‌های مختلف نگه دارند، و رساله‌ی خود در خصوص این آزمایش را در سال ۱۵۸۶ منتشر کرد.



سیمون استوین با این دستگاه ثابت کرد که فشار وارد بر کف ظرف (و به طور کلی، فشار در هر نقطه‌ی مایع) فقط به ارتفاع مایع (و چگالی آن) بستگی دارد و به سایر عوامل ارتباطی ندارد.

استیون با ابداع «مثلث نیروها» و «متوازی‌الاضلاع نیروها» که مطالعه‌ی ریاضی شبکه‌های نیروهای متحرک و ساکن را آسان‌تر کرد، بر مطالعه و بررسی کلی نیروها تأثیر نهاد. این روش‌ها هنوز هم در آزمایشگاه‌های مدارس به نحو پر دامنه‌ای کاربرد دارند.

دستاوردهای او متنوع بودند اما همه‌ی آن‌ها علمی نبودند. مثلا، نظام حسابداری با «دفترداری دوسویه یا دوبل» را ترویج داد، که این شگرد در ایتالیا ابداع شده بود و آن را برای نگه داشتن حساب مخارج کاخ شاهزاده‌ی اورانژ به‌کار می‌بردند. شاید هم او بوده است که برای نخستین بار نظر داد کشندهای اقیانوسی ناشی از ربایش کره‌ی ماه‌اند. وی بهره‌گیری از نمادگذاری اعشاری به جای کسرهای دست و پا گیر و فاقد کارآیی را ارتقاء بخشید. و دانشمندان را قویاً ترغیب کرد که در گزارش یافته‌هایشان به جای زبان لاتین از زبان محلی سود جویند؛ در آن ایام زبان لاتین را معمولاً «زبان مناسب» علم می‌پنداشتند.

گالیله در خصوص اشیای سقوطی آرای ارسطو را به چالش می‌کشد

۱۵۸۹ در سال ۱۵۸۹ گالیله که آن وقت فقط ۲۵ سال داشت در دانشگاه پیزا به سمت مربی گمارده شد. در سالی که در آن دانشگاه به تدریس گذرانید بسی پربار بود. یک دلیلش این است که با دماسنجی ابتدایی به نام «دمانگار»[1] که از انبساط هوا برای اندازه‌گیری دما از آن استفاده می‌کردند، به آزمایش پرداخت.

و مهم‌تر از آن، وی برای کشف قوانین حاکم بر حرکت اشیاء، مانند وقتی که به پایین پرتاب می‌شوند، به تحقیق دست زد. در آن زمان، البته آرای ارسطو در این حوزه چیره و حاکم بود. ارسطو بر این عقیده بود که حرکت یا «طبیعی» است یا «ناگهانی». «حرکت طبیعی» گرایش یا تمایل انواع گوناگون ماده را در جستجوی «مکان صحیح» در طبیعت بیان می‌کرد. «زمین یا خاک» و «آب»، متأثر از «نیروی گرانش یا جاذبه»، از نظر او گرایش به سقوط داشتند؛ «هوا یا باد» و «آتش» پرتلوّن گرایش به بالا رفتن داشتند. از آنجا که همه‌ی اشیاء را آمیزه‌های گوناگون و متنوع این چهار عنصر تشکیل می‌دادند، هر کدام از اشیاء با سرعت خاص خود بسته به وزنش باید به بالا یا به پایین حرکت کند.

گالیله در این آرا و نظرها تردید روا داشت. وی دو شیء با وزن‌های مختلف (یک گلوله‌ی توپ و یک گلوله‌ی تفنگ) را بارها از برج کج پیزا به پایین انداخت تا نشان دهد همزمان و همراه با یکدیگر به سطح زمین برخورد می‌کنند. این داستان را احتمالاً زندگی‌نامه‌نویسان او، پدرش وینچنزیو و یا شاگردش ویویانی، ساخته و از خود درآورده‌اند. اما سیمون استوین هلندی چند سال قبل از آن (**۱۵۸۶**) به کاری بسیار شبیه به این‌ها دست زده بود، از این رو تردید کمی وجود دارد که گالیله به درستی این امر اعتقاد داشته، به شرط آن‌که مقاومت هوا نادیده انگاشته می‌شد. تقریباً ۴۰۰ سال بعد، یک فضانورد در روی سطح بدون هوای کره‌ی ماه یک چکش و یک پَر را به زمین انداخت، این دو شیء همزمان به سطح ماه رسیدند.

به این ترتیب چه چیزی آهنگ و سرعت سقوط اشیا را کنترل می‌کند؟ آیا این حرکت هم می‌توانست به انواع دیگر حرکتی که ارسطو از آن صحبت می‌کرد و آن را حرکت «ناگهانی» نامید، پیوند داده شود؟ پاسخ به این پرسش فقط در نتیجه‌ی سال‌ها تجربه و آزمایش (**۱۶۰۴**) فراهم آمد.

رابطه‌ی جالبی بین این موضوع و کشف‌ها و یافته‌های پیشین گالیله درباره‌ی

1. Thermoscope

آونگ‌ها (**۱۵۸۱**) برقرار است. زمانی نوسان یک آونگ به وزن وزنه‌ی آونگ بستگی ندارد، درست به همان گونه که اشیای سنگین و سبک، همین که رها شوند، به سرعت یکسانی می‌رسند. دلیل و استدلال در این دو مورد مشابه و یکسان است. هم گوی سقوط کننده و هم آونگ بر اثر کشش گرانشی حرکت می‌کنند. کشش گرانشی بر یک شیء به مقدار وزن («جرم گرانشی») آن بستگی دارد؛ سرعت حرکت آن در هنگامی که دستخوش کشش گرانشی قرار می‌گیرد به مقاومت در برابر حرکت، به نام لَختی، بستگی دارد که این مقاومت هم به تناسب جرمش تغییر می‌کند. یافته‌های مربوط به آونگ‌ها و اشیای سقوطی نشان می‌دهند که جرم گرانشی برابر است با «جرم لَختی». بلافاصله معلوم نمی‌شود که چرا باید چنین باشد، اما این طور است. این «اصل هم‌ارزی» هنوز هم تا درجه‌ی دقت خیلی زیادی آزموده نشده است. ◄◄ ۱۶۰۴

ویلیام گیلبرت: آهنرباها و تکه‌های کهربا

۱۶۰۰

ویلیام گیلبرت، پزشک انگلیسی، در اواخر عمرش پرآوازه شد. وی در سال ۱۶۰۰، سه سال پیش از مرگش، به سمت طبیب شخصی ملکه الیزابت اول گمارده و به ریاست کالج سلطنتی پزشکان منصوب شد. در همان سال انگ خود را از طریق یک کتاب بسیار تأثیرگذار بر علم کوبید. *درباره‌ی آهنربا* نخستین مطالعه‌ی روش‌مند و جامع «مغناطیس» و قطب‌نما بود، که سالیان سال برای راهنمایی کشتی‌ها در اقیانوس‌های آزاد به کار گرفته شده است.

پیش از انتشار این کتاب اطلاعات زیادی از راه مشاهده در این زمینه در دست بود. قطب‌نما همیشه قابل اعتماد نبود. عقربه‌های آن همیشه «زاویه‌ی انحراف» را نشان می‌دادند، یعنی کمی به سوی شرق یا غربِ شمال حقیقی نشانه می‌رفتند. بنا بر یافته‌های رابرت نورمن در **۱۵۸۱**، این عقربه‌ها «زاویه‌ی میل» را هم نشان می‌دادند که با زاویه‌ای به پایین به سوی زمین اشاره می‌کرد. هم زاویه‌ی انحراف و هم زاویه‌ی میل در مکان‌های مختلف به فاصله‌ی صدها یا هزاران کیلومتر تغییر می‌کردند.

در نزد گیلبرت، آنچنان که در نزد نورمن، این مشاهدات حاکی از آن بودند که زمین خودش آهنربایی عظیم است (او از این‌ها هم فراتر رفت و ابراز داشت که مغناطیس «روح و جان» کره‌ی زمین را تشکیل می‌دهد). وی کره‌ای از آهنربای طبیعی تراشید، که آن را «ترِلا»[1] یا «کره‌ی زمین کوچک؛ کِه زمین» نامید، و نشان داد که

---

1. terrella

قطب‌نمایی کوچک که بر سطح این کره حرکت می‌کند همان تغییرات زاویه‌ی انحراف و زاویه‌ی میل را نشان می‌داد که این قطب‌نما در کره‌ی زمین واقعی بروز می‌دهد.

اگر این مدل درست می‌بود، پس زمین خودش دو «قطب» می‌داشت، مانند دو سر یک آهنربای میله‌ای، و این قطب‌ها سرهای عقربه‌ی قطب‌نما را جذب می‌کردند. این «قطب‌های مغناطیسی» با قطب‌های جغرافیایی زمین همخط و همسو نبودند؛ این امر توضیح می‌داد که چرا قطب‌نما همیشه به سوی شمال نمی‌ایستد.

گیلبرت بیست سال از عمر خود را به مطالعه‌ی مغناطیس گذرانده بود و آنگاه کتابش را منتشر کرد. وی می‌دانست که گرم کردن آهنربا اثر آن را خنثی می‌کند، اما (بر خلاف نظر همگان) مسیر داغ شده (پخته) خاصیت خود را از دست نمی‌دهد.

گیلبرت خود را به آنچه که خودش «الکتریک» نام نهاد و به معنای نکه‌ی کهربا بود، مشغول کرد؛ وقتی کهربا را به پارچه می‌مالیدند می‌توانست گرد و غبار، مو و سایر اشیای سبک را برباید و جذب کند. یونانیان باستان در این‌باره اطلاعاتی داشتند: گیلبرت این نام را از کلمه‌ای یونانی به معنای کهربا برگرفته بود. وی مواد دیگری یافت که همان رفتار را داشت ـــ مثلاً، شیشه. از نظر گیلبرت، الکتریک‌ها و آهنرباها پدیده‌های مختلفی بودند؛ دویست سال طول کشید تا رابطه‌ی مهم و حیاتی بین آن‌ها آشکار شد (۱۸۲۰).

۱۶۰۱ – ۱۶۵۰

چشم‌انداز جهان در این دوره

قرن هفدهم قرن تعصب و نابردباری مذهبی، گرفتار و درگیر رقابت و کشمکش بین حکومت‌ها بر سر قلمرو و تجارت بود. از سال ١٦١٨ به مدت سی سال اروپا دستخوش جنگی بود که تقریباً تمامی کشورهای اروپایی (جز بریتانیا) را چه به دلایل کاتولیکی و یا پروتستانی با هم متحد کرد. قسمت اعظم اروپا بر اثر جنگ، قحطی و بیماری ویران و منهدم شد؛ در جاهایی سی درصد جمعیت هلاک شد. مبارزه و کشمکش‌های بعدی بر سر تفوق در نبردگاه‌های فروبومان (بلژیک و هلند) فرانسه را در برابر اسپانیا قرار داد. در حاشیه‌ی شرقی اروپا، بین لهستان و روسیه بر سر قلمرو درگیری و نزاغ پیش آمد.

انگلستان در دهه‌ی ١٦٤٠ به کام آتش جنگ‌های داخلی فرو کشیده شد. این درگیری همانقدر که مبارزه‌ی بین پادشاه و پارلمان بود جنگ بین باورها و اعتقادات هم به‌شمار می‌آمد. آرامش سیاسی و نوزایی فرهنگی که در پی این اتفاقات برقرار شد به شکوفایی بی‌سابقه‌ای در علم انجامید. جنگ داخلی اعلام نشده‌ای، بین نیروهای کاتولیک شاه و هوگنوهای پروتستان، بر فرانسه هم سایه افکنده بود.

تا سال ١٦٥٠، جنگ‌های سی ساله خاتمه یافته و اروپای مرکزی و شمالی درمانده و خسته‌ای بر جای مانده بود. هلندی‌ها آزادی خود را به کف آورده بودند؛ و خانواده‌ی رومانف فرمانروایی روسیه را به دست گرفته بود.

بریتانیا، فرانسه، هلند و اسپانیا نخستین مستعمره‌های دیرپا را در آمریکای شمالی مستقر کردند. این بذرهای مستعمراتی رفته رفته روییدند و به کانادا و ایالات متحده‌ی آمریکا بدل شدند. سه قرن گذشت تا ایالات متحده‌ی آمریکا در علم غربی به ابرقدرت بدل شد.

هنر و اندیشه

در دوره‌ی نوزایی (رنسانس)، موسیقی سبک باروک را پذیرفت. کلودیو مونته وردی ایتالیایی در سال ۱۶۱۰ اثر مشهور خود، *عبادت شامگاهی*[1]، را نوشت؛ وی پیشگام صورت هنری جدیدی به نام اپرا هم بود (*تاجگذاری پاپ*[2]، ۱۶۴۲). اورلاندو گیبونز و ویلیام برد هم در انگلستان در این زمینه فعال بودند.

نقاشان فلاندری و هلندی، اکنون با بهره‌گیری از فناوری جدید رنگ‌روغن، بسی تأثیرگذار بودند. از جمله‌ی آن‌ها می‌توان از پیتر پل روبنس (*برپا داشتن صلیب*[3]، ۱۶۰۸)، فرانتس هالز (*خنده‌ی کاوالیه*، ۱۶۲۴) و رامبرانت وان راین جوان (*پاسدار شبانه*[4]، ۱۶۴۲) یاد کرد. آنتونی وان دیک به سمت نقاش دربار شاه چارلز اول پادشاه انگلستان برگمارده شد. در ایتالیا، کاراوادجو پیشگام سبک جدید هیجان‌انگیز و با احساسی بود. فرانسه داشت گام‌هایش را تا برتری و چیرگی در حوزه‌ی نقاشی برمی‌داشت (نیکولا پوسن، *بی‌سیرت کردن زنان سابین*[5]، ۱۶۳۷).

تئاتر و نمایش کماکان با نشاط و پرشور باقی ماند: با آثار نمایشنامه‌نویسان انگلیسی، ویلیام شکسپیر (*هملت*، ۱۶۰۳، *توفان*، ۱۶۱۱) و بن جانسون (*وُلپن*، ۱۶۰۵)، و پیر کورنی فرانسوی (*سید*[6]، ۱۶۳۷). *تعزیه‌ی حضرت مسیح* مشهور در اوبراماگاو آلمان برای نخستین بار در سال ۱۶۳۴ به صحنه رفت. رمان *دون کیشوت* اثر مانوئل سروانتس اسپانیایی برای نخستین بار در سال ۱۶۰۵ انتشار یافت. جان دان، شاعر و روحانی انگلیسی، *معراج روح* را در ۱۶۱۲ منتشر کرد.

در حوزه‌ی ایده‌ها و آرا، هوگو فروتسیوس حقوقدان هلندی در سال ۱۶۲۵ کتاب *درباره‌ی قوانین جنگ و صلح* را به رشته‌ی تحریر درآورد. اندک زمانی بعد، توماس هابز در انگلستان در اندیشه‌ی دفاع خود از حکومت و دولت استبدادی بود که در قالب کتاب *لویتان* انتشار یافت.

اکتشاف

کشورهای اروپایی هم در ساحل و هم دور از ساحل، در جستجوی راه‌های نفوذ، گسترش حوضه‌ی تجارت و نفوس در «جهان‌های نو» تا غرب و درخاور دور، و بعد آفریقا، با هم به نبرد مشغول بودند. اکتشاف و پویش سرزمین‌ها اندک اندک جای

1. *Vespers*
2. *The Coronation of Poppa*
3. *The Raising of Cross*
4. *The Night Watch*
5. *The Rope of the Sabine Women*
6. *Le Cid*

خالی نقشه‌ها را پر می‌کردند. مکتشفین با گیاهان غیربومی به وطن و سرزمین خود بازگشتند: سیب‌زمینی، گوجه فرنگی، قهوه، ذرت، چای، توتون، کاکائو و کائوچو (لاستیک)، و نیز طلا و نقره‌ی فراوان. سیفلیس، آبله و آنفلوآنزا از این سو به ارمغان به آن سرزمین‌ها برده شدند. تجارت بردگان یکی دیگر از هدایای تمدن بود.

لوئیس دوتورسِ اسپانیایی برای نخستین بار جنوب سرزمین گینه‌ی نو را در سال ۱۶۰۶ رؤیت کرد. سایر یافته‌ها در این منطقه عمدتاً اتفاقی، با کشتی‌هایی که از آن سوی آفریقا در امتداد کمربند بزرگ بادها می‌راندند و به شمال و به سوی جزایر ادویه دور نزدند و این جزایر را رد کردند، تحقق یافتند. آبِل تاسمن هلندی در سال ۱۶۴۲ زلاند نو را به نام سرزمین آبا و اجدادی خود نام‌گذاری و تاسمانی را کشف کرد. سه سال بعد، وی کرانه‌ی شمال غربی آنجایی را پویید و کشف کرد که اکنون قاره‌ی ششم تصور می‌شد، و بین یافته‌های سایر دریانوردان هلندی و پرتغالی رابطه برقرار می‌کرد.

در شمال دور، پویندگان در جستجوی «گذرگاه شمال غربی» به سوی منابع شرق بودند، تا از دریاهای تحت کنترل اسپانیا و پرتغال دوری گزینند و به آن سرزمین‌ها برسند. هنری هادسن، دریانورد انگلیسی، به خلیج هادسن (کانادا) وارد و اندک زمانی بعد در آنجا تلف شد. هم‌وطنش، هنری بافین، به محدوده‌ی ۱۳ درجه‌ی قطب شمال بین نیوفاوندلند و گرین‌لند رسید؛ اینجا شمالی‌ترین نقطه‌ای بود که کسی به آنجا رسیده بود و فقط دویست سال بعد بود که از این منطقه فراتر رفتند.

عصر گالیله

در اوایل قرن هفدهم دیدگاه سنتی و متعارف به جهان هستی و جایگاه و مکان ما در آن، که خرد باستان و اقتدار کلیسا پشتیبان آن بودند، همچنان در سراشیب فروپاشی و واپاشیدگی گام برمی‌داشت. در مناطقی از عالم و کیهان که قبلاً کامل و جاودان پنداشته می‌شد، تغییر و تحولات و نقائص این دیدگاه‌ها هر چه بیشتر آشکار می‌شد.

در سرتاسر این دوره چهره‌ی بزرگ و تأثیرگذار گالیله‌ی ایتالیایی بود که هم در ستاره‌شناسی و هم در فیزیک تأثیر و نفوذ چشمگیری بر جای نهاد. چالش مداوم وی با

[ایده‌های] ارسطو، و بنابراین با کلیسا، برای وی فرسودگی و حسرت به بار آورد؛ تحت بازداشت خانگی که بنا بر حکم دادگاه تفتیش عقاید به آن محکوم شده بود، درگذشت. شاگردانش، بخصوص توریچلی، به کشف‌های مهمی نایل آمدند، اما پس از آن‌ها علم در ایتالیا به نحو پر دامنه‌ای به مدت یک قرن در سکوت و خاموشی فرو رفت.

یوهان کپلر آلمانی نظر کوپرنیک درباره‌ی مدار سیارات را تصحیح و قوانین حرکت سیارات را کشف کرد. گذار از کیمیاگری به شیمی به اعتبار اکتشافات یان وان هلموت هلندی به پیش رفت. وقتی ویلیام هاروی حقیقت مربوط به گردش خون را کشف کرد، کالبدشناسی به سوی فیزیولوژی گام برداشت. بسطیاری از پژوهشگران توجه خود را بر نور معطوف کردند: چگونه می‌بینیم؟ چرا نور خمیده می‌شود؟ سرعت حرکت نور چقدر است؟ دانشمندانی دیگر آرایش عدسی‌هایی را یافتند که اشیاء را نزدیک می‌آوردند و اجسام کوچک را بزرگ می‌کردند.

همه‌ی چهره‌های بزرگ و مهم این زمانه هم آزمایشگر نبودند. فیلسوفانی چون فرانسیس بیکن انگلیسی و رنه دکارت فرانسوی در خصوص این‌که روش علمی چیست و چگونه باید کار علمی انجام داد مطلب نوشتند و ماده و گوهر زیربنایی جهان هستی را تجسم بخشیدند. مارَن مرسِن فرانسوی با پیشگامی در راه‌اندازی انجمن‌های فرهیختگان و نشریه‌های علمی به مثابه «صندوق پستی» علمی اروپا عمل کرد. نام‌های فرانسوی به نحو چشمگیری شروع به ظاهر شدن و خودنمایی در داستان زمانه کردند؛ نه تنها دکارت و مرسن بلکه پی‌یر گاسندی نیز، برای نخستین بار باور یونانیان باستان به اتم را احیاء کردند، که قسمت عمده‌ی عمارت علم بعد بر پایه‌ی همین اتم بنا نهاده شد. علم در انگلستان (به استثنای مورد هاروی) راکد و خاموش بود، و نیم قرن بعد به شکوفایی دامنه‌داری رسید.

آسمان ناپایدار و بی‌قرار

۱۶۰۴ همچنان‌که سال‌های قرن هفدهم سپری می‌شد، ستاره‌شناسان با این مفهوم که آسمان جاودانی و بدون تغییر نیست، با خطری آسوده‌تر کنار می‌آمدند. «ستاره‌ی جدید یا نو» (به بیان امروزی «اَبَر نواختر») که تیکو براهه در **۱۵۷۲** آن را مشاهده کرد و از این رو آن را «ستاره‌ی تیکو» نامیدند، با «ستاره‌ی کپلر»، که در سال ۱٦۰٤ در صورت فلکی مارِ مارافسای[1] (جبّه) ظاهر شده بود، متناظر شد. این ستاره‌ی

1. Serpens

نو را یوهان کپلر آلمانی، که زمانی دستیار تیکو بود، به دقت رصد کرد. ستاره‌ی یاد شده هم به سرعت منفجر و در نور روز با درخشش قابل دیدن شد، و سپس چند ماه بعد به خاموشی گرایید. این ستاره هم اختلاف منظری را بروز نداد و از این رو در قلمرو ستارگان «ثابت» در فراسوی ماه قرار گرفت. هرچند که این دو ستاره‌ی جدید تنها به فاصله‌ی ۳۰ سال به روشنی مشاهده شدند، اما هیچکدام در چهار صد سال بعدی به اندازه‌ی کافی درخشان نبودند که دیده شوند.

تغییر و دگرگونی آسمان از نوعی دیگر را دیوید فابر (یا فابر تیسیوس) تأیید کرد. این ستاره‌شناس شمال آسمان قبلاً ستاره‌ای را در صورت فلکی قیطُس (سَبُع‌البحر[1]) دیده بوده که از جایی نامعلوم سر زده و سپس دوباره از نظر محو شده بود. وقتی بار دیگر در سال ۱۶۰۹ این ستاره را دید، دانست که باید اتفاق جدیدی در میان ستارگان افتاده باشد، تغییری موزون و نه ظهوری فقط برای یک بار. رصدگران بعدی پی بردند که این ستاره تقریباً سالی یک بار مشاهده (ظاهر) می‌شود. این ستاره را میرا (ستاره‌ی تغییر درازدوره) به معنای «شگفت‌انگیز» نام دادند؛ رفتار آن قرن‌ها توضیح‌ناپذیر مانده بود، حتی پس از آن که ستارگان دیگری شبیه همین ستاره یافته شدند.

در حدود سال ۱۶۶۷ جمیناریو مونتاناری ایتالیایی نوع دیگری ستاره‌ی متغیر را یافت. توجه وی به ستاره‌ای در صورت فلکی بَرساوُش[2] (بُرنده‌ی سر غول که در عربی به آن رأس الغول می‌گویند) جلب شد که هر چند روزی درخشندگی آن به نحو چشمگیری تغییر و نوسان می‌کرد. مادام که رأس‌الغول (برساوش) مرئی می‌ماند، تغییرات میرا از همه جا پر دامنه‌تر بود. نام این ستاره در چند زبان همان «رأس‌الغول» را معنی می‌دهد، که حاکی از آن است که رفتار غیر قابل توجیه آن مدت‌های مدیدی ناشناخته بوده است. ستاره‌شناسان اروپایی که این ستاره را دیده‌اند احتمالاً چنین چیزی را از ترس مخالفت با این اندیشه‌ی سنتی و جا افتاده مبنی بر این‌که هیچ چیز در آسمان تغییر نمی‌کند، بر زبان نیاورده‌اند.

گالیله: حقیقت مربوط به حرکت

۱۶۰۴ گالیله از سال ۱۵۹۲ استاد ریاضیات دانشگاه پادوئا بود. در همانجا بود که مطالعه‌ی دقیق حرکت را آغاز کرد، قسمتی به این خاطر که برهان و دلیلی بر علیه نظریه‌های ارسطو پایه‌گذارد و پاره‌ای هم برای این‌که به واقعیت موضوع پی ببرد.

1. Cetus (Whale)

2. Perseus (demon; Algol)

وی نتایج خود را بر پایه‌ی آزمایش‌های دقیق پایه نهاد و آن‌ها را بر حسب اعداد، و نه فقط کلمات، بیان کرد. کمیت به همان میزان کیفیت اهمیت یافت.

نخستین حدس و گمان گالیله در این مسئله از این قرار بود که سرعت نهایی جسمی که سقوط می‌کند بستگی به مسافت سقوط آن دارد. قطعاً هر چه ارتفاع سقوط بلندتر می‌بود سرعت سقوط هم بیشتر می‌شد. اما اندکی تأمل نشان داد که چنین چیزی نمی‌تواند درست باشد. در ابتدا، یک شیء که رها می‌شود تا فرو افتد اصلاً در همان لحظه حرکتی ندارد. تا وقتی حتی یک مسافت بسیار اندک را طی (سقوط) نکرده باشد، نمی‌تواند سرعتی داشته باشد و بنابراین نمی‌تواند سقوط کرده باشد. و اگر بتواند شروع به حرکت کند، هر فاصله‌ای را در زمان یکسانی سقوط خواهد کرد. این نظریه آشکارا غلط و اشتباه بود.

پاسخ دیگر از این قرار بود که سرعت وابسته به زمان سپری شده برای سقوط است. هرچه مسیر سقوط طولانی‌تر باشد، سرعت آن بیشتر خواهد شد. در صورتی که چنین چیزی صادق باشد، سرعت هر شیء که از حالت سکون سقوط می‌کند باید دو برابر میانگین سرعت تا آن لحظه باشد، و این میانگین را می‌شود با تقسیم کردن فاصله‌ی پیموده شده بر زمان سپری شده به دست آورد.

در حدود سال ۱۶۰۴ گالیله یک رشته آزمایش‌های مهم را برای حل و فصل کردن این موضوع آغاز کرد. او به شواهدی درباره‌ی رابطه‌ی بین زمان و فاصله یا مسافت نیاز داشت. باید تلاش می‌کرد که سرعت حرکت اشیای سقوطی را به نحوی کاهش دهد تا این عوامل را بتواند اندازه‌گیری کند. اشیای سقوطی خیلی سریع حرکت می‌کردند، از این‌رو وی گلوله‌هایی را بر تخته‌ای به طول شش متر که به آرامی شیب‌دار می‌شد به غلتیدن درآورد، با این استدلال که قوانین حاکم بر این وضعیت شبیه به قوانین حاکم بر اشیایی است که فرو انداخته می‌شوند. برای اندازه‌گیری فواصل زمانی از ساعت آبی بهره گرفت: آب به درون یک جام روان می‌شد، که شروع به پایان جریان آب به حرکت شیء مربوط می‌شد؛ وزن آب در آن جام با فاصله‌ی زمانی متناسب بود.

هرچند که این آزمایش خام و جا نیفتاده بود، اما برای یافتن قوانین ریاضیاتی حاکم بر حرکت به اندازه‌ی کافی خوب و مناسب بود. در مورد جسمی که سرعتش با آهنگ ثابتی افزایش می‌یابد، افزایش سرعت متناسب با زمان سپری شده به دست آمد؛ مسافت پیموده شده متناسب با مجذور زمان سپری شده بود. اگر گلوله‌ای غلتان در ثانیه‌ی نخست یک متر طی می‌کرد، در دو ثانیه ٤ متر و در سه ثانیه ۹ متر را می‌پیمود.

موضوع دامنه‌دارتر از این بود. ارسطو اعلام و ادعا کرده بود که، بر خلاف «حرکت طبیعی» (**۱۵۸۹**)، حرکت «ناگهانی» از نوعی کنش ــ هل دادن یا کشیدن ــ ناشی می‌شود. اگر از هل (فشار) دادن یا کشیدن یک شیء دست بردارید و این عمل را متوقف کنید آن شیء از حرکت باز می‌ماند (متوقف می‌شود). به گفته‌ی گالیله (و کسان دیگری پیش از او)، چنین موضوعی صادق نیست. وی دریافت که گلوله‌هایش در امتداد سطحی افقی به غلتیدن ادامه خواهند داد مگر این‌که عمداً متوقف شوند. وی هیچ علتی نیافت که در نبودن اصطکاک چرا این گلوله‌ها تا ابد به حرکت غلتشی خود ادامه نمی‌دهند.

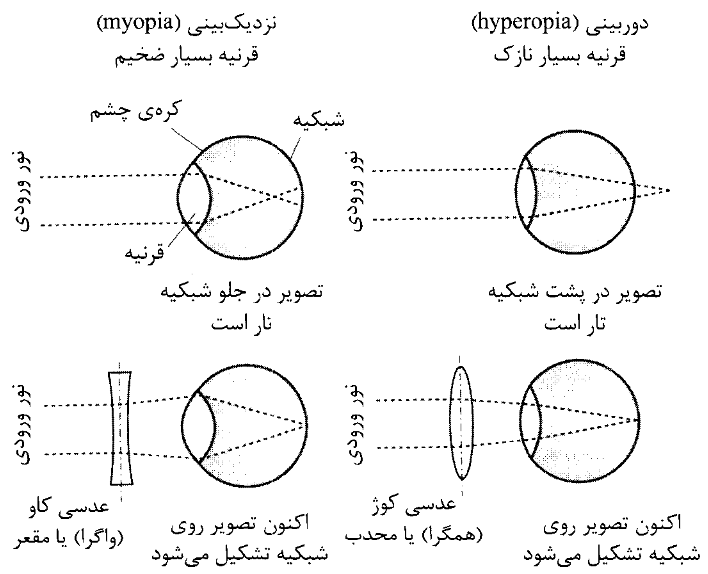
تجربه‌ی دیرپا این معنا را در خصوص شأن آدمی نسبت به مسائل نیازمند تفکر و اندیشه به من آموخته است: هرچه تعداد آدم‌هایی که آن‌ها را می‌شناسند و درک می‌کنند کم‌تر باشد، با قاطعیت بیشتری تلاش می‌کنند در خصوص آن‌ها بحث و استدلال کنند، در حالی که از سوی دیگر شناختن و درک کردن انبوهی از چیزها و مسائل موجب می‌شود انسان‌ها در اظهار نظر و داوری کردن پیرامون هر چیز جدیدی محتاط باشند.

گالیلئو گالیلئی (گالیله)

گالیله از همین‌جا قانون لختی (اینرسی) خود را استنتاج کرد. همه‌ی اشیاء در برابر تغییر (سرعت و یا جهت) حرکت خود مقاومت می‌کنند، که این خاصیت را «لختی» نام نهادند؛ هر تغییری نیازمند تکان یا تحریک یا نیرویی است. گالیله این یافته‌ها و نتایج خود را در سال ۱۶۳۶ در حوالی پایان عمرش، نابینا و تحت حبس خانگی (**۱۶۳۳**)، منتشر کرد هرچند که این مطالب را رنه دکارت در **۱۶۴۴** و کریستین هویگنس در ۱۶۳۷ به وضوح بیشتر بیان کردند. پنجاه سال بعد (**۱۶۸۶**)، آیزاک نیوتون قانون لختی را به صورت قانون اول حرکت خودش درآورد و دین خود را به گالیله ادا کرد. ◄◄ ۱۶۱۰.

یوهان کپلر: چگونه می‌بینیم؟

۱۶۰۴ باستانیان برای توضیح پدیده‌ی دید و بینایی اظهار کرده بودند باریکه‌ی نوری که از چشم خارج می‌شود و به دنبال جسمی می‌گردد که باید دیده شود، بیشتر مانند آن‌که با دستمان با چیزی تماس برقرار می‌کنیم تا آن را از طریق لمس و تماس حس کنیم. تا وقتی که یوهان کپلر، ریاضیدان آلمانی در سال ١٦٠٤ آرا و ایده‌های خود را راجع به نور مطرح کرد، ایده‌ی قدیمی درباره‌ی دیدن به ایده و نظری بهتر جای سپرده بود: می‌بینیم به این علت که نور از اشیاء موجود در جهان خارج و به چشم ما وارد می‌شود.



در این نمودار مشاهده می‌کنیم که یوهان کپلر چگونه عیب‌های رایج دید را توضیح داده و چگونگی تصحیح این نقائص را با بهره‌گیری از شکل مناسب عدسی در عینک، تشریح کرده است.

اما چشم چگونه کار می‌کند؟ کپلر درباره‌ی عدسی‌ها مطالعه کرده بود و می‌دانست که عدسی کوژ (همگرا یا محدب)، که میانه‌اش از لبه‌ها ضخیم‌تر است، می‌تواند تصویری معکوس بر یک صفحه‌ی خالی بیندازد. به نظر او بافت واقع در جلو چشم، یعنی قرنیه، همان کار را انجام می‌دهد، و از این رو تصویر بر روی شبکیه در عقب

چشم نیز باید معکوس (واژگونه) باشد. ذهن ما به نحوی چنین حسی از تصویر می‌سازد زیرا ما جهان خارج را مستقیم می‌بینیم. خیلی‌ها فکر می‌کردند این نظر بی‌معناست، اما سال‌ها بعد که رنه دکارت چشم یک گاو مرده را تشریح و شبکیه‌ی آن را به دقت بررسی کرد و توانست تصویر معکوس را که به وسیله‌ی قرنیه تشکیل می‌شد مشاهده کند، درستی نظر کپلر را اثبات کرد.

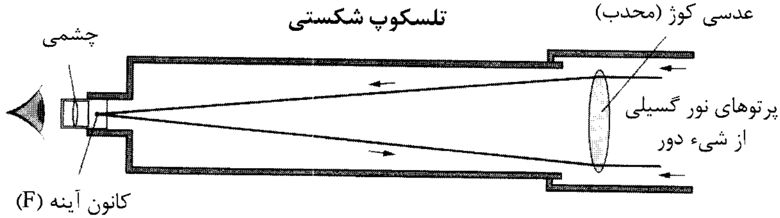
کپلر به درستی «نزدیک‌بینی» و «دوربینی» را به نقصی در عدسی چشم نسبت داد. شبکیه در وسط یا خیلی ضخیم و یا خیلی نازک می‌شود، به گونه‌ای که تصویر در جلو و یا در عقب شبکیه کانونی می‌شود و نه بر روی آن. و این امر چیزی را توضیح می‌دهد که از دیرباز شناخته شده بود ــ می‌شد از عدسی‌هایی با ضخامت‌های گوناگون برای تصحیح عیب‌های دید و بینایی برای «عینک» بهره گرفت.

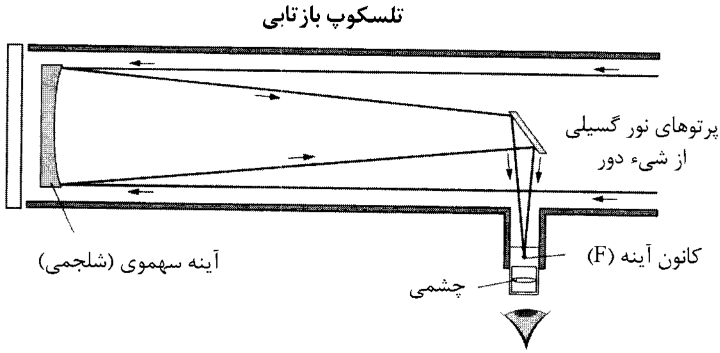
کپلر با توجه به این نکته که هرچه نور از منبع خود دورتر شود ظاهراً ضعیف‌تر و کم‌سوتر می‌شود، اظهار داشت که این ضعیف‌شدگی از یک قانون «عکس مجذوری» پیروی می‌کند: درخشندگی نور واقع در دو متری یک لامپ نصف درخشندگی آن در فاصله‌ی یک متری نیست، بلکه درخشندگی آن یک چهارم است. رفته رفته پی بردند که پدیده‌های دیگری چون ربایش (کشش) مغناطیسی، الکتریکی و نیروی گرانش نیز از همین قانون پیروی می‌کنند.

چشمان نو به سوی طبیعت: تلسکوپ‌ها و میکروسکوپ‌ها

۱۶۰۸ هیچ‌کس نمی‌داند که تلسکوپ را نخستین بار چه کسی اختراع کرد. در خلال قرن‌ها نویسندگان و پژوهشگران (گوناگون) (از جمله دا وینچی) به استفاده از عدسی‌ها و آینه‌ها برای بزرگ‌تر کردن و نزدیک‌تر آوردن اشیای دور اشاره کرده‌اند، اما به نظر می‌رسد که هیچ کس به نحو موفقی این وسیله را به تنهایی نساخت.

در سال ۱٦۰۸ هانس لیپرشی/لیپرسهای هلندی که برای عینک عدسی‌تراشی می‌کرد به منظور کسب حق انحصاری و پروانه‌ی بهره‌برداری یک تلسکوپ اقدام کرد. تلاش او ناکام ماند، عمدتاً به این علت که کسان دیگری همین ایده را به طور همزمان مطرح کرده بودند. تلسکوپ ابتدایی او دارای یک جفت عدسی بود که در یک لوله سوار شده بودند، یکی عدسی کوژ (محدب) یا همگرا (با وسطی ضخیم‌تر از حاشیه یا کناره) در بالای لوله برای تشکیل تصویری از یک شیء دور، و یک عدسی کاو (مقعر) یا واگرا (با وسط نازک‌تر) برای بزرگ کردن تصویر و بررسی آن.





*تلسکوپ‌ها پرتوهای نور را از شیء دوردست دریافت می‌کنند. این پرتوها را یک عدسی محدب یا کوژ (در تلسکوپ‌های شکستی) یا یک آینه‌ی سهموی یا شلجمی (در تلسکوپ‌های بازتابی) به یکدیگر نزدیک (کانونی) می‌کند تا تصویر واضحی در نقطه‌ی F تشکیل شود. تصویر با وارد شدن به چشم ناظر، دوربین یا هر ابزار اندازه‌گیری نوری دیگر، به وسیله‌ی چشمی بزرگ‌تر می‌شود. تلسکوپ‌های شکستی را نخستین‌بار گالیله به طور جدی به کار گرفت (**۱۶۱۰**)، و تلسکوپ‌های بازتابی را نیوتون استفاده کرد (**۱۶۷۲**)، هرچند که نه کاملاً به صورتی که در اینجا نمایش داده شده است.*

گفته شده است که ترکیب عدسی‌ها به طور تصادفی، شاید به دست کودک لیپرشی که در کارگاهش بازی می‌کرد، یافته شده است. اما قطعاً کارآمد بوده و از آن استفاده می‌شده است. در ظرف چند ماه، اخبار مربوط به این اختراع به گالیله در ایتالیا رسید، و او سر یک «لوله‌ی نوری» دست‌ساز را به سوی آسمان گرفت (**۱۶۱۰**). این اقدام مسیر و راه به سوی یک قرن رصدها و مشاهدات نجومی خیره‌کننده و حیرت‌انگیز گشود.

تقریباً در همان زمان، یا کمی پیش‌تر، کسی پی برد که همان ترکیب عدسی‌ها

می‌تواند اشیای بسیار کوچک را نزدیک آورد و بزرگ جلوه دهد. یک هلندی به نام هانس یانسن احتمالاً در سال ۱۵۹۰ این عدسی‌ها را روی هم نهاده و با هم ترکیب کرده بوده است. اما گالیله قطعاً در سال ۱۶۰۹، وسیله‌ی ساخت خود را «اوکیولینو»[1] نامید که در زبان ایتالیایی به معنای «چشمی برای اشیای بسیار ریز» است. اصطلاح «میکروسکوپ» (در شباهت و هم‌آوایی با «تلسکوپ») چند دهه بعد مصطلح شد.

کورنلیوس دربل هلندی، «مخترع دربار» جیمز اول پادشاه انگلستان (و ظاهراً سازنده‌ی نخستین زیردریایی)، اصلاحات و بهبودهای عمده‌ای در دهه‌ی ۱۶۲۰ در میکروسکوپ به عمل آورد. دربل به پیروی از ایده‌های یوهان کپلر، با بهره‌گیری از یک جفت عدسی کوژ (محدب)، به جای یک عدسی کوژ و یک عدسی کاو (مقعر)، «میکروسکوپ مرکب» خود را ساخت. این میکروسکوپ هم قوی‌تر بود و هم آسان‌تر می‌شد با آن کار کرد و برای «عالم صغیر» اشیای کوچک همان کاری را انجام داد که تلسکوپ برای «عالم کبیر» جهان هستی انجام می‌داد. چیزهایی مشاهده شد و برابر چشمان بشر به دیده آمد که قبلاً تصورناپذیر بود (**۱۶۶۵**).

یوهان کپلر: چگونگی حرکت سیارات

۱۶۰۹

منظر جهان هستی که نیکولا کوپرنیک در سال **۱۵۴۳** تشریح کرده بود از چندین بابت انقلابی به شمار می‌آمد، اما به یک ایده‌ی کهن متکی بود. مدار سیاراتش هنوز هم، مانند مدارهای سیارات در نزد بطلمیوس، دایره‌های کامل بودند. اما این مدل نمی‌توانست موضع سیارات در آسمان را، آن‌طور که تیکو براهه (**۱۵۲۷**) و کسانی دیگر با دقتی فزاینده اندازه‌گیری کرده بودند، دقیقاً پیشگویی کند. یوهان کپلر که زمانی دستیار براهه بود و اکنون سمت ریاضیدان دربار رودلف دوم پادشاه هابسبورگ را داشت، راه حلی برای این مسئله یافت.

وی با تحلیل انبوه داده‌ها، تغییر هوشمندانه‌ی مورد نیاز را تشخیص داد. مدارها باید به میزان بسیار ناچیزی کشیده می‌شد ــ به جای دایره به صورت بیضی در می‌آیند. کپلر دو قانون نخست حرکت سیاره‌ای خود را در ۱۶۰۹ تدوین کرد (در همین سال گالیله برای نخستین بار از پشت تلسکوپ خود به آسمان نگاه کرد). وی این دو قانون و قانون سومش را که در ۱۶۱۹ تدوین کرده بود، در کتابش با عنوان *نجوم جدید* منتشر کرد.

1. Occhiolino

تنوع چنین پردامنه‌ی پدیده‌های طبیعت، و گنجینه‌ی چندان غنی نهفته در آسمان‌ها، دقیقاً باعث می‌شوند که ذهن آدمی هرگز از پذیرش و تغذیه‌ی داده‌ها و اطلاعات جدید محروم نماند.

یوهان کپلر

بنا بر قوانین کپلر، سیارات در مدارهای بیضی وقتی در نزدیک‌ترین موضع به خورشید قرار داشته باشند (حضیض) بیشترین سرعت را دارند و وقتی دورتر می‌شوند سرعت‌شان کندتر می‌شود (این سرعت متغیر از معماهای ستاره‌شناسان بوده است). بین اندازه‌ی مدار و زمان گردش یک دور کامل فرمول و رابطه‌ای ریاضی برقرار است. مشتری در مدت دوازده سال زمینی (یعنی مدت زمان یک بار گردیدن زمین به دور خورشید) ستاره‌ی خورشید را دور می‌زند و از این رو فاصله‌ی آن تا خورشید باید پنج برابر فاصله‌ی زمین تا خورشید باشد؛ زیرا مجذور ۱۲ (یعنی ۱٤٤) اندکی بیشتر از مکعب ۵ (یعنی ۱۲۵) است. گذشت زمان نشان داد که قوانین کپلر در مورد حرکت قمرهای گوناگون (که آن موقع برای نخستین بار رؤیت شده بودند)، و حتی درباره‌ی دنباله‌دارهای ظاهراً بی‌سابقه، نیز صادق‌اند.

کپلر در مورد علت این رفتار سیارات کوچک‌ترین اطلاعی نداشت. وی فقط از روی رصد و مشاهده می‌دانست که اوضاع به این منوال است. طی هفتاد سال بعدی ستاره‌شناسان به تدریج پی بردند که این رفتار باید ناشی از نیروی کششی خورشید بر سیاره و نیروی مؤثر دیگری برای پایدار نگه داشتن آن کشش باشد. بسیاری از مردم برداشتی کلی از این پاسخ داشتند، اما سرانجام نبوغ آیزاک نیوتون به وضع قوانین مربوط به این نیرو انجامید (۱٦۸۷).[1]

کپلر کتاب خود را که در ۱٦۱۹ انتشار یافت *هماهنگی جهان*[2] نامید. وی در سرتاسر عمرش از این فکر که الگوهای جهان هستی، مثلاً فواصل بین سیارات، تقارن عمیق‌تری، مانند رابطه‌ی بین انواع گوناگون اجرام منظم، را منعکس می‌کنند که شکل همه‌ی پهلوهای آن‌ها یکسان است، در شگفت و حیرت بود. هر چه تلاش کرد موفق

---

۱. به بیان دیگر، اگر T_1 و T_2 زمان‌های حرکت انتقالی دو سیاره و d_1 و d_2 فواصل متوسط آن‌ها از خورشید باشد، آنگاه:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2}=\frac{d_1^3}{d_2^3}$$

2. Harmony of the World

نشد این فکر و تصور را با حقایق موجود انطباق دهد. وی نیز، مانند هر دانشمند شایسته‌ای، هرچند با اکراه و بی‌میلی، دست از این تلاش خود برداشت.

قوانین حرکت سیاره‌ای کپلر

قانون اول (قانون بیضی‌ها): مدار (مسیر حرکت) هر سیاره به شکل بیضی‌ای است که خورشید در یکی از دو کانون آن قرار دارد.

قانون دوم (قانون مساحت‌های مساوی): خطی فرضی، یا شعاع حامل سیاره (خط واصل بین خورشید و سیاره) در زمان‌های مساوی سطوح (مساحت‌های) مساوی را می‌پیماید (جارو می‌کند).

قانون سوم (قانون دوره‌ها یا قانون توافقی): نسبت مربعات زمان‌های حرکت انتقالی (زمان گردیدن به دور خورشید) هر دو سیاره به یکدیگر مساوی است با نسبت مکعبات فواصل متوسط آن‌ها از خورشید.

گالیله: پیام‌آور ستارگان

۱۶۱۰

گالیله، فیزیکدان ایتالیایی، تلسکوپ را اختراع نکرد. احتمالاً حتی نخستین کسی هم نبوده است که با تلسکوپ به آسمان شب نگاه کرده است، بلکه قطعاً نخستین کسی بوده است که آنچه را که دید برای جهانیان بازگو کرد. وی با توجه به آنچه که در خصوص «لوله‌ی نوری» شنید که در سال **۱۶۰۸** در هلند اختراع شده بود، خودش یک لوله‌ی نوری برای خود ساخت. این دستگاه اجرام آسمانی را ۳۰ برابر نزدیک‌تر و ۱۰۰۰ بار بزرگ‌تر می‌کرد. آنچه وی در کتابش، *پیام‌آور ستارگان*[1]، نوشت حاوی مطالبی برخوردار از صراحتی حیرت‌انگیز و گیج‌کننده بود؛ این مطالب باور متداول و دیدگاه‌های رسماً مجاز درباره‌ی عالَم و جایگاه ما در آن را به چالش کشید.

گالیله مشاهده کرد که ماه، که بنا بر تصور کهن از جهان هستی باید هموار و کامل

1. *The Starry Messenger*

و بی‌نقص بوده باشد، از رشته کوه‌ها و گودال‌ها و دهانه‌های آتشفشانی پوشیده شده که بسی شبیه به زمین است. این دوربین نجومی، دید و بینایی را به فراتر از ماه و بر فراز بسیاری ستارگان بیشتر برد که چشم غیرمسلح نمی‌توانست اصلاً وجود آن‌ها را تمیز دهد. تعداد ستارگان «هفت خواهران» در صورت فلکی خوشه‌ی پروین (ثریا) به سی تا افزایش یافت؛ نوار نورانی راه شیری (راه کهکشان) به تعداد بیشماری ستاره تجزیه و تبدیل شد. عالم هستی آشکارا بسی وسیع و گسترده بود.

ضربه و تکان در فراسوی ماه اما جلوتر از ستارگان قرار گرفته و چشم به راه بود. سیاره‌ی زهره (ناهید)، که با چشم غیرمسلح ستاره‌مانند به نظر می‌سید، قرصی مرئی داشت و، مانند اهله‌ی قمر یا دوره‌های ماه، دوره‌ای را نشان می‌داد. چهار نقطه‌ی نورانی ریز نشان دادند که مشتری دوردست‌تر همراهانی از قمرهای خاص خود دارد؛ اجرامی آسمانی که آشکارا در مدار زمین قرار نداشتند. در نزد گالیله، این کشفیات تأییدکننده و پشتیبان تصور و تصویر جدید از جهان هستی بود که نیکولا کوپرنیک در **۱۵٤۳** پیشنهاد و عرضه کرده بود. به اعتبار چنین آرای سرنوشت‌سازی، تعارض وی با کلیسا اجتناب‌ناپذیر شد (**۱٦۳۳**).

دیری نگذشت که ستاره‌شناسان در سرتاسر اروپا از طریق دوربین‌های نجومی (تلسکوپ) با موشکافی به آسمان چشم دوختند. با بهبود یافتن کارآیی این دوربین‌های نجومی، چیزهای شگفت جدیدی در برابر دیدگان آمدند. سیارات دنیاهایی شبیه به سیاره‌ی خودمان بودند. نقشه رویه‌ی ناهموار ماه ترسیم شد و به نشانه‌های مشخص آن به اشتباه نام اقیانوس و دریا دادند. خورشید چهره‌ی لک‌لکی خود را نمودار گردانید (**۱٦۱۱**)؛ مشتری لکه‌ی سرخ بزرگ‌اش را نشان داد؛ زحل به یکباره دارای قمرها و منظومه‌ی حلقه‌های زیبا و خیره‌کننده‌ای شد (که گالیله این‌ها را دید اما نفهمید که چه هستند).

ستاره‌شناسان، در میان تعداد فزاینده‌ی ستارگان چه بسیار تکه‌های مه‌گرفته‌ی کم‌سوی نور را به چشم دیدند که به آن سحابی گفتند. یک سحابی[1] در صورت فلکی امرأةالمسلسله[2] (زن شوی ندیده؛ زن به زنجیر بسته)، نخستین سحابی‌ای بود که به کمک دوربین نجومی بررسی و مطالعه شد. دوربین نجومی به تدریج انقلاب ژرفی در فهم و درک ما از کیهان و جهان هستی را جلو انداخت و باعث شتاب‌گیری آن شد (**۱۹۲٤**). **◀◀ ۱٦۳۳**.

---

۱. Nebula، برگرفته از واژه‌ای لاتین به معنای «ابر».

2. Andromeda

لکه‌هایی بر چهره‌ی خورشید

۱۶۱۱

این نخستین سال «خورشید لکه‌دار» بود. دیدگاه سنتی و درست آیین (ارتدکس) به جهان هستی در آن زمان مستلزم این بود که خورشید، واقع بر آن سوی ماه، بی‌عیب و نقص و بدون لک و جاودانی باشد، که از ماده‌ای بس متفاوت با زمین فسادپذیری است که در آن مسکن داریم، تشکیل شده است.

به این ترتیب پی بردن به این‌که چهره‌ی نورانی خورشید را لکه‌های سیاه کوچکی از ریخت انداخته، ضربه‌ی روحی بزرگی بود؛ وقتی نور خورشید را که تلسکوپ تازه اختراع شده گرد می‌آورد و بر روی یک دیوار می‌انداخت، به آسانی می‌شد این لکه‌ها را مشاهده کرد. این که چه کسی نخستین بار آن‌ها را دید محل مباحثه و مجادله است (یعنی، در اروپا چنین است؛ منجمان چینی به احتمال بسیار از پیش آن‌ها را می‌شناختند). از جمله‌ی مدعیان نخستین مشاهده‌گران این لکه‌ها می‌توان از توماس هَریوت در انگلستان، دیوید فابریکیوس و پسرش یوهان در آلمان، کریستولف شایندر یسوعی و گالیله در ایتالیا، یاد کرد.

بی‌گمان شناخت لک‌ها (کَلَف‌ها)ی خورشید پس از کوتاه زمانی همگانی شد. در ظرف یک سال، این لکه‌ها به موضوع نامه‌ها و رساله‌ها تبدیل شدند. از جمله موارد جالب توجه در این خصوص حرکت مداوم این لکه‌ها در امتداد قرص خورشید بود، که گواهی بر چرخش خورشید حول محورش در حدود هر یک ماه یک بار به‌شمار می‌آمد. ناظران و رصدگران به شمارش تعداد لکه‌های قابل رؤیت در یک زمان دست زدند. طی حدود یک دهه‌ی پس از نخستین اکتشافات، تعداد کَلَف‌های خورشید به تدریج رو به کاهش نهادند و تقریباً همگی محو شدند، هر چند که تعداد زیادی ستاره‌شناس و رصدگر این اتفاق را نظاره نکردند. بین حدود ۱٦٤۰ و ۱۷۲۰ مشاهده کَلَف‌های خورشید به ندرت انجام گرفت.

شمارش تعداد لکه‌های خورشید در اوایل قرن هجدهم احیا شد و الگوی منظم‌تری برای آن به دست آمد. به نظر می‌رسید که حدود هر یازده سال تعداد آن‌ها به اوج می‌رسد؛ نواختی که می‌شد از روی داده‌های اولیه به آن پی برد. تا قرن نوزدهم دیگر «چرخه‌ی لک خورشید» را کاملاً شناخته و به آن پی برده بودند. اما توضیح علت آن، و علی‌الاصول توضیح علت وجودی خود لک‌های خورشید، مدتی بعد امکان پذیر شد.

ویلیام هاروی: خون ما دور می‌زند و همه جا می‌رود

۱۶۱۶ از قرار معلوم ویلیام هاروی بنا بر معیارهای زمانه‌ی خودش پزشک حاذقی بوده است. وی پزشک شخصی دو تن از پادشاهان انگلیس، جیمز اول و چارلز اول، و یکی از چهره‌های برجسته‌ی کالج سلطنتی پزشکان انگلستان بود. وی ازدواج مناسبی کرد و دختر پزشک مخصوص الیزابت اول را به همسری اختیار کرد، و از این رو وسایل دنبال کردن تحقیقات وی برایش فراهم بود.

همین تحقیقات بود که چگونگی جریان خون در بدن آدمی را توضیح می‌داد، و اسباب ناراحتی و دردسر هاروی را هم فراهم آورد. خرد و عرف رایج زمانه در تعلیمات جالینوس حکیم، متعلق به ۱۵۰۰ سال پیش‌تر، ریشه داشت. دو نوع خون، یکی به رنگ قرمز تیره که در سیاهرگ‌ها (ورید) جاری بود و خون قرمز روشن که در سرخرگ‌ها (شریان‌ها) جریان داشت، از اندام‌های مختلفی منشأ می‌گرفتند؛ منشأ خون سیاهرگی کبد (جگر سیاه) و منشأ خون سرخرگی قلب بود. این دو نوع خون به بخش‌های مختلف بدن منتقل و در آنجا مصرف می‌شدند.

هاروی، احتمالاً با الهام از آموزه‌های حکیمان عرب‌زبان، و نیز شاید با بهره‌گیری از تعلیمات حکیم قرن شانزدهمی اسپانیایی، میخائیل سِروِتوس، که به جرم بدعت‌گذاری بر تل آتش سوزانده شده بود، آرا و ایده‌های گوناگون و متنوعی در ذهن خود داشت. از نظر هاروی، خون در کل بدن در مسیر حلقه‌های بزرگ گردش می‌کرد که قلب آن را به حرکت و جریان درمی‌آورد، و سپس باز هم به خود قلب برمی‌گشت. یکی از این حلقه‌ها خون قرمز روشن را به عضلات و اندام‌ها می‌رساند، و خون تیره شده را به قلب باز می‌گرداند. حلقه‌ی دیگر خون قرمز تیره را از ریه‌ها عبور می‌داد، که رنگ روشن را به آن پس می‌دادند.

هاروی ابتدا این دیدگاه‌های بدعت‌گذارانه را در سال ۱۶۱۶ تشریح کرد و سپس آن‌ها را در سال ۱۶۲۸ در قالب کتاب خود تحت عنوان *درباره‌ی حرکت قلب و خون در جانوران*[1] منتشر کرد. آرای او در دوران حیاتش هرگز پذیرش گسترده‌ای نیافت، زیرا نهاد طبابت به تعلیمات جالینوس متکی بود. هاروی ناگزیر شد انتقادات و حمله‌های سرسختانه و جانفرسایی را تحمل و در برابر آن‌ها ایستادگی کند. دفاعیات وی همواره یکسان بود ــ مدل او با مدارک موجود منطبق بود؛ دیدگاه قدیمی با واقعیات نمی‌خواند.

هاروی با یک مشکل مواجه بود؛ دستگاه او به تمامی کامل نبود. سرخرگ‌ها

---

۱. با عنوان لاتین De Motu cordis.

آشکارا به رگ‌های باریک تقسیم و باز تقسیم می‌شوند، و رگ‌های کوچک و باریک (مویرگ‌ها) به هم می‌پیوندند تا یک بار دیگر به رگ‌های خونی بزرگ بدل شوند. اما وی نمی‌توانست توضیح دهد که خون چگونه از شکاف کوچک‌ترین سرخرگ‌ها به باریک‌ترین رگ‌ها (مویرگ‌ها)، و برعکس، عبور می‌کند، هر چند که مطمئن بود چنین اتفاقی می‌افتد.

توجیه دیدگاه‌های او و حقانیتش سال‌ها بعد فراهم آمد. مارچلو مالپیگی (۱۶۶۱) و دیگران از طریق میکروسکوپ حرکت خون را در شبکه‌ای از مویرگ‌های ریز در عضلات و ریه‌ها مشاهده کردند که گردش خود را تکمیل می‌کند. همواره ناظری دقیق، مانند هاروی، تا فراسوی مشاهده و تأملی برای توضیح یک پدیده تا آنجا پیش رفته است که هنوز هم امروز مورد پذیرش ماست.

ویلبرورت اسنل: چرا پرتو نور خم می‌شود؟

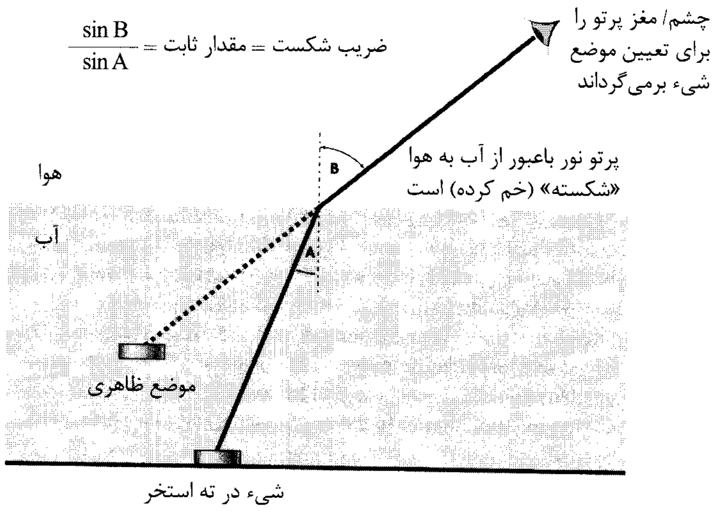
۱۶۲۱ نور همیشه به خط مستقیم حرکت نمی‌کند. یک باریکه‌ی نور از رویه‌های براق باز می‌تابد و در هنگام عبور از محیطی شفاف به محیطی دیگر، مانند گذر از آب به هوا، یا هوا به شیشه، خم می‌شود (می‌شکند). همین شکست نور است که سبب می‌شود آبگیرها و استخرهای آب کم‌عمق‌تر از میزان عمق واقعی‌شان به نظر برسند، و یک ترکه یا چوب دستی در آب خمیده دیده می‌شود. همین پدیده رفتار عدسی‌ها را نیز توضیح می‌دهد، که می‌توانند باریکه‌ی نور را در یک نقطه کانونی یا آن را از آن نقطه پراکنده کنند.

اصلی که بیانگر میزان خم شدن یک پرتو نور است معمولاً به ویلبرورت اسنل ریاضیدان هلندی نسبت داده می‌شود که در سال ۱۶۲۱ این اصل را تدوین و اعلام کرد و معمولاً به آن قانون اسنل می‌گویند. اما کسان دیگری هم بودند که پیش از آن‌که وی قانون خود را وضع کند درباره‌ی آن اطلاعاتی داشتند، که از جمله‌ی آنان می‌توان توماس هَریوتِ انگلیسی هوشمند را نام برد که در ۱۶۰۱ آن را بیان داشت. و حتی دانشمندان عرب (از جمله ابن هیثم) خیلی پیش از آن در این خصوص مطالبی نگاشته‌اند. رنه دکارت فرانسوی هم در چاپ و انتشار این موضوع در ۱۶۳۷، از اسنل و هریوت پیشی گرفت.

قانون اسنل بین زاویه‌هایی که پرتو نور پیش از برخورد با مرز بین دو محیط و پس از عبور از آن با این مرز می‌سازد (و یا به بیان دقیق‌تر، بین سینوس این زاویه‌ها)، رابطه برقرار می‌کند. این نسبت (بین دو سینوس)، که برای «زاویه‌ی فرودی» یکسان

است، ضریب شکست نام دارد و از جمله‌ی خاصیت‌های آن محیط به شمار می‌آید.

پس دقیقاً چرا نور خم می‌شود؟ پاسخ به این پرسش مستلزم آن است که به سرعت نور توجه کنیم و آن را دخالت دهیم، هرچند که در زمان اسنل این کمیت اندازه‌گیری نشده بود. نور احتمالاً باید در هوا سریع‌تر حرکت کند تا در شیشه، و از این رو وقتی محیط را عوض می‌کند در یکی از مسیرهایش خم می‌شود. یک حلب روغن را در نظر بگیرید که در شیب یک تپه می‌غلتد؛ با تغییر شیب‌ها سرعت این حلب روغن (استوانه) کُند و تند می‌شود، و از این رو جهت را تغییر می‌دهد.



خم شدن پرتو نور گسیل شده از یک شیء واقع بر کف استخر در هنگامی که این پرتو سطح آب را ترک می‌کند چشم و مغز را گول می‌زند، که مغز و چشم بر این اصل باور دارند که نور همیشه در خطوط مستقیم حرکت می‌کند.

قانون اسنل

وقتی یک پرتو نور در هنگام عبور از یک محیط به محیطی دیگر می‌شکند، سینوس زاویه‌ی فرد و تقسیم بر سینوس زاویه‌ی شکست مقداری ثابت، به نام ضریب شکست، است.

پیر فرما، ریاضیدان فرانسوی (نویسنده و واضع «آخرین قضیه») در این مورد توضیح عمیق‌تری را ارائه داد. بنا بر قول فرما، هر پرتو نور مسیری را می‌پیماید که طی کردن آن در کم‌ترین زمان طول بکشد، حال محیطی که نور از آن می‌گذرد هر چه باشد. هرگاه سرعت‌های مختلف نور و فواصل پیموده شده محاسبه شوند، قانون اسنل را به دست می‌دهد. اصل فرما قانون بازتابش را هم توضیح می‌دهد؛ «با مساوی قرار دادن زاویه‌ی فرود با زاویه‌ی بازتابش» کوتاه‌ترین مسیر و در نتیجه کوتاه‌ترین زمان پیمایش حاصل می‌شود.

مارَن مِرسن: شبکه‌ساز کبیر

۱۶۲۳

تمام بازیگران پیشگام علم قرن هفدهم نقش خود را از طریق تحقیقات ایفا نکردند. رنه دکارت، فرانسیس بیکن و جان لاک هیچکدامشان آزمایشی انجام ندادند، اما تأملات و نوشته‌هایشان در خصوص خواستگاه شناخت و دانش، سازمان و سامان طبیعت و نقش علم بسیار تأثیرگذار و تعیین‌کننده بود.

مارن مرسن روحانی و راهبی فرانسوی و از خانواده‌ای تهیدست برخاسته بود، اما خویشتن را به عنوان «صندوق پُست علمی اروپا» تثبیت کرد و جا انداخت. به مدتی افزون بر ۲۵ سال از ۱٦٢٣ به بعد به مکاتبات چشمگیری با گروهی از دانشمندان ــ پژوهشگران و اندیشمندان پیشرو در سرتاسر قاره‌ی اروپا ــ دست زد که آن‌ها را به دقت برگزیده بود و حتی دامنه‌ی آن‌ها تا آفریقای شمالی و قسطنطنیه هم کشیده می‌شد.

بسیاری از این دانشمندان برای ملاقات با او به صومعه‌اش در پاریس می‌آمدند. در یکی از این دیدارها بود که بلز پاسکال جوان با دکارت ملاقات کرد؛ پی‌یر کاسندی، پی‌یر فرما و یان وان هلمونت نیز در محفل او قرار داشتند و به دیدارش می‌رفتند. از جمله‌ی تعداد زیادی افراد که با او مکاتبه داشتند می‌توان از گالیله و توریچلی هم یاد کرد. از قرار معلوم در هنگام مرگ در اتاق کارش ۷۸ نامه از چنین آدم‌های دانشمندی یافت شد.

مرسن برخی تحقیقات مهم انجام داد. علاقه‌ی خاص او آکوستیک موسیقی و صوت بود. وی به کمک مشاهده بین تعداد ارتعاش‌های یک سیم (بسامد آن) و گام تُنی (آهنگی) که سیم تولید کرده، رابطه‌ای یافت. همراه با دوستش پی‌یر گاسندی (١٦٢٤)، برای نخستین بار سرعت صوت را اندازه گرفت و نشان داد که سرعت

صوت از بسامد مستقل است. وی در حوزه‌ی ریاضیات، بخصوص اعداد اول (اعدادی که جز بر خودشان و یک به عدد دیگری قابل تقسیم نیستند)، نیز به مطالعه پرداخت. اعدادی به شکل ۱ − ۲n را، که n عدد اول است، هنوز هم اعداد اول مرسن می‌گویند.

اما بزرگ‌ترین سهم او در علم عبارت بود از حفظ تماس و مراوده‌ی پژوهشگران زمانه‌اش با یکدیگر، گرد آوردن آنان نزد یکدیگر، و افزودن تأملات و تفکرات خودش به آمیزه‌ای از ایده‌ها و آرای گوناگون. انجمن‌های علمی به تدریج این نقش را بر عهده گرفتند (**۱۶۶۲**)؛ مرسن یکی از نخستین انجمن‌ها و جوامع علمی را پایه نهاد. به قول امروزی‌ها، او یک «شبکه‌ساز کبیر» بود.

پی‌یر گاسندی: احیای اندیشه‌ی اتمی

۱۶۲۴ پیشینه‌ی شغلی و حرفه‌ای پی‌یر گاسندی فرانسوی شبیه به سوابق شغلی هم‌روزگارانش است. وی که در نوجوانی و جوانی بسیار هوشمند و زیرک بود، استعداد و شمّی قوی در ریاضیات داشت، به کلیسا وارد شد و در آنجا به مرتبه‌ای بلند دست یافت. اما ناگزیر شد در دو طرف شکاف و جدایی فزاینده‌ی بین جزمیّات کلیسا و یافته‌های علمی قرار گیرد که در مرحله‌ی جنینی بود. دستاوردهایش گوناگون و متنوع بود. از نخستین مشاهده‌ی گذار سیاره‌ی عطارد (تیر) در مقابل خورشید در سال ۱۶۳۱ تا ایده‌ها و نظرهایی درباره‌ی خاستگاه و منشأ چیزهای زنده‌ای پرداخت که بسی به نظریه‌ی «انتخاب طبیعی» شبیه به نظر می‌رسید که بیش از دو قرن بعد چارلز داروین آن را تدوین کرد (**۱۸۵۹**).

گاسندی جزئی از خیزش‌فرازان مخالفت با ایده‌ها و روش‌های ارسطو به‌شمار می‌آید که نخستین کتابش را درباره‌ی ماده در سال ۱۶۲۴ نوشت. جهان‌بینی ارسطو، که آن موقع ۲۰۰۰ سال از عمرش می‌گذشت، از طریق نگاشته‌های توماس آکوئیناس در الهیات کلیسا جوش خورده و با آن ادغام شده بود. در نزد ارسطو، شناخت از ایده‌هایی اساسی استنتاج می‌شد که همگان آن‌ها را در حکم حقیقت پذیرفته بودند. گاسندی، مانند اکثر دانشمندان اولیه هوادار «استنتاج و قیاس» بود و نظم‌هایی را در طبیعت جستجو می‌کرد که اصول کلی یا «قوانین» را بتوان از آن‌ها استنباط و نتیجه‌گیری کرد.

گاسندی ایده‌ی یونانیان باستان درباره‌ی «اتم» را، ذرات ریزِ بیشمارِ تباهی‌ناپذیری که در فضا حرکت می‌کنند، احیا کرد. از دیده‌ی او اتم‌ها اجزای سازنده‌ی ماده به‌شمار می‌آمد و رفتار آن‌ها را تشریح کرد. ارسطو «اتم‌باوری» را رد و انکار کرده بود و معتقد

بود که ماده پیوسته و «فضای تهی» ناممکن است. اپیکور، دانشمند یونانی، یکی از نخستین هواداران اتم‌باوری بود، اما وی ملحد هم بود. اما، روایت گاسندی از این نظریه برای مؤمنان پذیرفتنی بود.

اما قضیه از این پیچیده‌تر بود. به نظر ارسطو، خداوندی که جهان را خلق کرده باید در حفظ و نگهداری گردش هموار آن نیز مداخله کند. اما در نزد اتم‌باورانی چون گاسندی، اتم‌ها، همین‌که خلق شدند و به وجود آمدند، تا ابد به راه خود ادامه می‌دهند، شبیه به ساعتی که سازنده‌اش آن را کوک کرده و راه انداخته باشد. همین نظر نطفه‌ی دیدگاه «مکانیکی» طبیعت در حکم پدیده‌ای منظم و قابل پیش‌بینی، رها از کنش‌های ناپایدار خدایان یا اهریمنان یا سایر عوامل، قرار گرفت. این نظر در چارچوب «منظومه‌ی جهان» آیزاک نیوتون (۱٦۸۷) به پیروزی رسید و تا سیصد سال، تا ظهور فیزیک کوانتومی در قرن بیستم، بدون معارض باقی ماند.

فرانسیس بیکن: «دانایی قدرت است»

۱۶۲۶ فرانسیس بیکن انگلیسی عملاً دانشمند نبود. وی آزمایش‌های اندکی انجام داد، هرچند که بنا بر یک افسانه وی در یک روز یخبندان سال ۱٦۲٦ با بیرون آمدن از کالسکه‌اش برای پی بردن به این‌که آیا می‌توان لاشه‌ی مرغ را با آکندن شکمش از برف از گندیدگی و فساد حفظ کرد، به سرماخوردگی مهلکی مبتلا شد. بیکن حقوقدان، نماینده‌ی پارلمان و دیپلمات بود. وی ارتباط تنگاتنگی با دربار داشت، در کودکی دردانه‌ی ملکه‌ی الیزابت، و بعداً ندیم والتر رایلی و ارل آواسکس، و صاحب مقام‌های بلند، از جمله لرد چنسلری در سلطنت جیمز اول، بود. فعالیت حرفه‌ای او در بدنامی، با اتهام ارتشاء، به پایان رسید و انزوا گزید.

جایگاه مستحکم بیکن در تاریخ علم از بابت نوشته‌های اوست. وی از حدود ۱٦۰۵ با قدرت تمام فلسفه‌ای جدید را شرح و توضیح می‌داد (او را «مبلغ» نامیده‌اند) که بر پایه‌ی آن شناخت قابل اعتماد و اتکا در خصوص کارکردهای جهان از مشاهده، آزمایش و فرضیه حاصل می‌شود، نه این‌که نتیجه‌ی استنتاج از کلمات به یاد مانده‌ی دانایان باستان باشد. چنین علم و دانشی هدف‌دار است. وی ادعا کرد که «دانایی قدرت» است، که منظور وی از این معنا اعمال قدرت و سلطه بر طبیعت بود. اما برای این‌که بر «طبیعت» فرمان برانیم، باید از آن فرمان ببریم. به بیان دیگر، اگر می‌خواهیم طبیعت را چنان شکل دهیم که نیازهایمان را تأمین کند، باید آن را و کارکردهایش را بشناسیم.

> *مشاهده‌ی تأثیر و مزیت و پیامد کشفیات و یافته‌ها خوب و مطلوب است، و این‌ها را در هیچ‌جا مشخص‌تر از صنعت چاپ، باروت و مغناطیس نمی‌شود مشاهده کرد. زیرا این سه پدیده کل چهره و حالت چیزها در سرتاسر جهان را دگرگون کرده‌اند، چندان که به نظر می‌رسد هیچ امپراتوری‌ای، هیچ فرقه‌ای، و هیچ ستاره‌ای، قدرتی بزرگ‌تر و نفوذی دامنه‌دار تر از این اکتشافات مکانیکی بر امور آدمی وارد نیاروده است.*
>
> فرانسیس بیکن

بیکن در اثر خیالی ناکجاآبادی‌اش، *آتلانتیس نو*،[1] که درست پیش از مرگش انتشار یافت، «خانه‌ی سلیمانی» را در خیال خود پروراند، که پیش‌آگاهی آزمایشگاه تحقیقاتی مدرن بود که در آن مشکلات و مسایل جهان را می‌شد از طریق آزمایش و اختراع حل و فصل می‌شود. در اینجا مرد خردمند علم ایده‌ها و نتایج آزمایش را گردآوری و دیگران را در آن سهیم می‌کند، درست به همان ترتیب که چهل سال بعد با بنیان‌گذاری انجمن سلطنتی در سال **۱۶۶۲** اتفاق افتاد، که تأسیس این انجمن عمدتاً مدیون دیدگاه‌های بیکن بود.

در سال ۱۶۲۰ بیکن یادداشت کرد که چگونه می‌توان کرانه‌ی خاوری آمریکای جنوبی را کاملاً با کرانه‌ی باختری آفریقا منطبق کرد. به قول او، چنین چیزهایی «بدون دلیل اتفاق نمی‌افتد». سیصد سال بعد، آلفرد وگنر با بهره‌گیری از این نظر و سودجویی از شواهدی دیگر نظریه‌ی جابه‌جایی قاره‌ای (نظریه‌ی نقل مکان قاره‌ها یا رانه‌ی قاره‌ای) را بیان کرد (**۱۹۱۲**).

گالیله و تفتیش عقاید

۱۶۳۳ تعارض و تضاد بین گالیله، فیزیکدان ایتالیایی، و کلیسای کاتولیک رومی یکی از پر دامنه‌ترین و پر ماجراترین حکایت‌های سال‌های اولیه‌ی علم به‌شمار می‌آید. موضوع تحت بررسی عبارت بود از دیدگاه جدید به جهان هستی که

1. *The New Atlantis*

نیکولا کوپرنیک در **۱۵۴۳**، ۹۰ سال پیش از رسیدن مشکلات گالیله به اوج خود در سال ۱۶۳۳، آن را گسترش داده بود.

> *گمان نمی‌کنم که ناچار باشم به همان خدایی ایمان آورم که در حالی که ما را به احساس، عقل و هوش مجهز و بهره‌مند کرده، قصد داشته باشد ما را از این مواهب محروم کند.*
>
> **گالیله**

در آن سال، دادگاه تفتیش عقاید گالیله را به جرم پذیرش ادعای کوپرنیک مبنی بر این‌که زمین «حرکت می‌کند»، و روزی یک‌بار حول محورش می‌چرخد، و سالی یک بار در مداری خورشید بی‌حرکت و ثابت را دور می‌زند، محکوم کرد. کلیسا با استناد به اقتدار توأم کتاب مقدس، نوشته‌های ارسطو و بطلمیوس و عقلِ سلیم، زمین بی‌حرکت و ثابت را مرکز کائنات اعلام می‌کرد. گالیله، که یک‌بار قبلاً محکوم شده و از آموزش چنین بدعتی نهی شده بود، ده سال آخر عمرش را در حبس خانگی گذرانید. این مجازات او معاصران و هم‌روزگارانش مانند دکارت و توریچلی را از پذیرش نظر کوپرنیک فراری داد و حتی کلاً از نجوم و ستاره‌شناسی کناره گرفتند.

بر اساس افسانه‌ها، گالیله در حالی که به منظور استغفار زانو بر زمین زده بود، زیر لب زمزمه کرد که «با همه‌ی این احوال، زمین حرکت می‌کند». اگر او این حرف را زده باشد، بر مبنای اعتقادش بوده و نه این‌که برای حرفش دلایل قانع‌کننده‌ای داشته است؛ کار کوپرنیک برای اثبات حرف‌ها و ادعاهایش چندان دشوار نبود. هیچ‌کس نمی‌توانست گردش زمین را اثبات کند. گالیله چندین دهه قبل کشندهای اقیانوسی را به تکان خوردن زمین در حین گردش آن به دور خورشید نسبت داده بود، درست مثل آب که در هنگام تکان خوردن ظرف از آن لبریز می‌شود، اما این استدلال قانع‌کننده نبود. حالت‌ها (اهله)ی زهره که در سال **۱۶۱۰** یافته و کشف شدند، حقانیت اظهارات کوپرنیک را اثبات نکرد؛ زهره (ناهید) بعداً حالتی را نشان داد که زمین در مرکز آن واقع بود. و گالیله از مدارهای دایره‌ای برای سیارات حمایت می‌کرد هرچند که این مدارها مدل کوپرنیکی را در پیش‌بینی این‌که سیارات بعداً در کجا خواهند بود، نسبت به دستگاه و سامانه‌ای که می‌خواست جایش را بگیرد، بهتر و تواناتر نمی‌کرد. عالَمِ کوپرنیک سادگی جذاب و گیرایی داشت، اما آیا این سادگی کافی بود؟

البته، گالیله را تاریخ تبرئه کرد، اما قرن‌ها گذشت تا کلیسا از محکومیت و تقبیح او واپس نشست و عقب‌نشینی کرد. در سال ۱٦۸۷ آیزاک نیوتون نظریه‌ای درباره‌ی گرانش را پرداخت و تدوین کرد که آرای کوپرنیک را توضیح می‌داد و پیچیدگی‌های نظام بطلمیوسی را از لحاظ فیزیکی باطل و ناممکن اعلام می‌کرد. این‌که نیوتون اظهار داشت در پرداختن نظریه‌ها و قوانین‌اش بر شانه‌های «غول‌ها» ایستاده است، اشاره‌اش می‌توانسته به گالیله باشد. ◀◀ ۱٦۳۸.

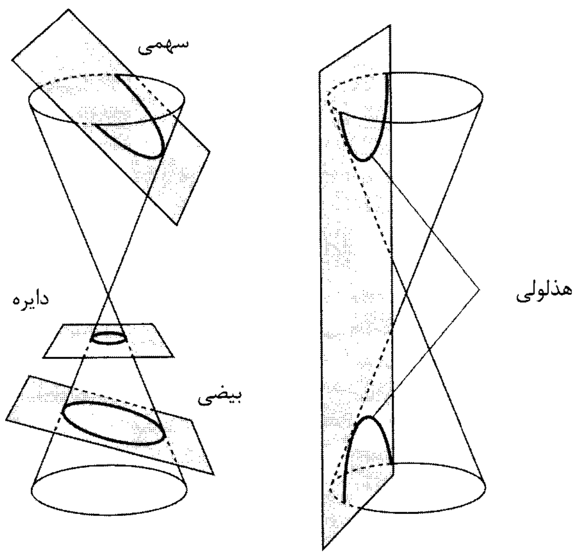
گالیله، نور و سهمی (شلجمی)

۱۶۳۸ گالیله‌ی ایتالیایی نخستین کسی بود که به اندازه‌گیری سرعت نور دست زد. افکار عمومی و آرا در مورد میزان سرعت سیر نور پراکنده و دستخوش چنددستگی و تشتت بود. قدر مسلم این بود که همگان بر سرعت بسیار زیاد سیرِ آن اتفاق نظر داشتند؛ با روشن شدن چراغ، اتاق فوراً روشن می‌شد، یا این‌طور به نظر می‌رسید. یوهان کپلر و بعداً رنه دکارت فکر می‌کردند سرعت نامتناهی است، به گونه‌ای که (به نظر آنان) نور از مکانی به مکان دیگر فوری و بی‌واسطه منتقل می‌شد. کسانی دیگر، مانند کشیش انگلیسی قرن سیزدهمی، راجر بیکن، بر این عقیده بودند که سرعت نور متناهی، و از این رو دست‌کم در اصول و عالم نظر، قابل اندازه‌گیری است. اما کُسی یافت نمی‌شد که بداند واقعاً موضوع از چه قرار است.

> *فلسفه در کتاب بزرگی نوشته می‌شود که در برابر چشمان ما گشوده شده است، و جهان هستی را معنی می‌کند. این کتاب به زبان ریاضیاتی نوشته می‌شود، که بدون کمک آن فهم حتی یک کلمه از آن کتاب ناممکن است، و بدون آن آدمی در دهلیزهای پرپیچ و خم و تاریک سرگردان می‌ماند.*
>
> **گالیلئو گالیلئی (گالیله)**

به قراری که گالیله در کتابش تحت عنوان *دو علم جدید*، چاپ سال ۱٦۳۸، آورده، وی دو ناظر را که هر یک چراغی در دست داشت بر بالای دو تپه‌ی مجاور مستقر کرد. یکی از آنان چراغ خود را برافروخت؛ دیگری به محض دیدن نور چراغ بر تپه‌ی مجاور، چراغ خودش را روشن کرد. ناظر اول سعی کرد تا فاصله‌ی

زمانی بین روشن کردن چراغ خودش و دیدن چراغ دیگر را اندازه بگیرد. نتایج هیچ چیزی را بیان و اثبات نکردند جز این‌که در واقع فقط زمان واکنش آن دو ناظر را اندازه‌گیری کردند. بیش از دویست سال باید سپری می‌شد تا توانستند سرعت نور را در چارچوب محدوده‌های جوّ زمین اندازه بگیرند (**۱۸٤۹**). نخستین اندازه‌گیری‌های قابل اعتماد، که به دست اوله رومر در سال **۱٦۷٦** انجام شد، بر وسعت و گستردگی فضا متکی بود.



مقاطع مخروطی گروه خاصی از خطوط منحنی (خمیده)اند که وقتی پدید می‌آیند که رویه‌ای تخت مخروطی را به زاویه‌های مختلفی قطع می‌کند. این منحنی‌ها جملگی در طبیعت یافت می‌شوند. مدار سیارات به دور خورشید بیضوی‌اند (دایره حالت خاصی از بیضی به‌شمار می‌آید). هر شیء پرتاب شده‌ای تحت نیروی گرانش یک سهمی را می‌پیماید.

کتاب گالیله که در سال ۱٦۳۸ انتشار یافت سرشار از مطالب جالب، و در واقع بسیاری مطالب ژرف و تأثیرگذار، است. مثلاً، او توانست چیزی را اثبات کند که دیگران پیش از وی به آن شک کرده و درباره‌اش فکر کرده بودند (**۱۵۳۷**)؛ پرتابه‌ای، چون گلوله‌ی توپ، با حرکت آزادانه، دقیقاً مسیری منحنی به صورت یک سهمی را

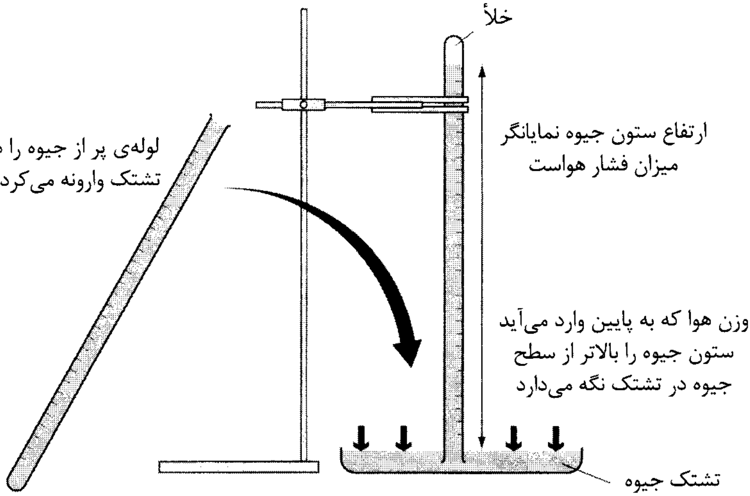
طی می‌کند. قوانین حرکت وی (**١٦٠٤**) چنین چیزی را ضروری می‌کرد. این منحنی کاملاً شناخته شده است: همان شکلی است که وقتی تشکیل می‌شود که مخروطی را به نحو خاصی قاچ کنند. هرگاه مخروط را به راه‌های دیگری قطع کنند «مقاطع مخروطی» دیگری پدید می‌آیند که یونانیان باستان آن‌ها را به خوبی می‌شناختند: دایره، بیضی و هذلولی. این منحنی‌ها همگی در همه جای طبیعت یافت می‌شوند، بخصوص در مسیر اشیای گوناگون، مانند سیارات و شهاب‌سنگ‌ها در حالی که تحت تأثیر کشش خورشید در فضا حرکت می‌کنند (**١٦٠٩**).

اوانجلیستا توریچلی: وزن هوا

۱۶۴۲ آوانجلیستا توریچلی یکی از دانشمندان ایتالیایی از نسلی بود که از کارها و نوشته‌های گالیله الهام گرفتند. وی که در ١٦٠٨ زاده شد در دامن یسوعیان پرورش و در ریاضیات مهارت یافت و در سال ١٦٤١ به سمت منشی گالیله گمارده شد. گالیله، که در آن هنگام سالخورده و نابینا بود، بنا بر حکم دادگاه تفتیش عقاید (**١٦٢٣**) در حبس خانگی بسر می‌برد و یک سال بعد درگذشت. توریچلی هم در سال ١٦٤٩ بر اثر حصبه جان خود را از دست داد.

سهم عمده‌ی توریچلی در علم عبارت بود از ابداع آن چیزی که بعداً (**١٦٥٩**) فشارسنج (بارومتر) نامیده شد. وی در جستجوی پاسخی به یک معما و معضل بود: به قراری که هر مهندسی هم می‌داند، آب را نمی‌توان از طریق مکش تلمبه تا ارتفاعی بالاتر از ١٠ متر بالا برد. علت این امر چیست؟ گالیله معتقد بود که برای «قدرت خلأ» حدی وجود دارد، اما توریچلی نظر دیگری داشت.

و در آزمایش خود که در سال ١٦٤٣ انجام داد به جای آب از جیوه استفاده کرد که ١٤ بار سنگین‌تر است، از این رو ابزار و وسایلش نمی‌توانستند کم‌حجم‌تر باشند. وی با همکاری ویویانی، یکی دیگر از دست پروردگان گالیله، لوله‌ی درازی را که یک سرش بسته و پر از جیوه بود به داخل یک تشتک پر از جیوه سرازیر (وارونه) کرد و لوله را به صورت قائم نگه داشت. سطح جیوه در لوله پایین آمد و فضایی خالی را در بالای جیوه بر جای نهاد. توریچلی استدلال کرد که این فضا نمی‌تواند حاوی هوایی باشد و از این رو یک «خلأ» است، چیزی که هنوز هم خیلی‌ها معتقد بودند در هیچ جایی وجود ندارد و یافت نمی‌شود.



در آزمایش ساده اما بنیادی توریچلی، یک لوله‌ی وارونه‌ی پر از جیوه نه تنها نشان می‌داد که هوا دارای وزن است و فشار وارد می‌آورد، بلکه می‌تواند تغییرات کم‌دامنه و کوچکی هم در فشار هوا پدید آورد، مانند تغییرات مرتبط با رویدادهای آب و هوایی، که باید اندازه‌گیری شوند.

تمامی جیوه از لوله خالی نشد؛ بنا بر استدلال توریچلی بقیه‌ی جیوه را نیرویی متعادل‌کننده در جای خود نگه داشت؛ این نیرو عبارت بود از وزن جوّی که بر سطح جیوه در تشتک نیرو وارد می‌آورد. از این رو معلوم کردند که هوا وزن دارد، که ضربه و تکان دیگری بر پیکره‌ی تصورات پیروان ارسطو وارد آورد؛ ارسطو معتقد بود که هوا دارای «تلون مزاج» و ذاتاً سبک و بی‌وزن است.

وزن هوا معمولاً با ارتفاع حدود ۷۶۰ میلی‌متر جیوه در لوله به حالت توازن درمی‌آمد. ارتفاع ده متر آب (با همان قطر آن لوله) هم همین وزن را داشت، که حدی را تعیین می‌کرد که تلمبه‌ی مکشی (که خلأ ناقصی را برای بالا کشیدن آب تولید می‌کرد) تا آن حد می‌توانست آب را بالا ببرد. توریچلی گاهگاهی تغییراتی کوچک را در سطح جیوه مشاهده می‌کرد.در این صورت فشار هوا کاملاً ثابت نبود. کسان دیگری (**هَلی، ١٦٧٦**) بودند که به علت این امر پی بردند.

یان فون هلموت: قدیم همراه با جدید

۱۶۴۴ یان فون هلموت شاید آخرین کیمیاگر و نخستین شیمیدان باشد، هرچند که این اصطلاح اخیر در زمانه‌ی او هنوز باب و بر زبان‌ها جاری نشده بود. بی‌گمان او قدیم و جدید را در هم ادغام کرد؛ ایده‌های نوگرایانه و آینده‌نگر او درباره‌ی شیوه‌ها و کاربردها هم از ذهنیت فضایی او ناشی می‌شد و هم در مفاهیم رازورانه‌ی باستانی و باور به این‌که می‌توان جیوه را به طلا بدل کرد، ریشه داشت.

فون هلموت از خانواده‌های اشرافی فلاندر بود و طبابت را پیشه‌ی خود کرد. در این آرزو که آدمیان را از رنج بیماری رها کند. وی بیماران خود را بدون دستمزد درمان می‌کرد، و تقریباً از همه‌ی سهم خویش از دارایی خانوادگی چشم پوشید، و فقط به این علت که با زنی توانگر ازدواج کرده بود توانست سال‌ها تحقیقات خصوصی خود را ادامه دهد. آزمایشگاه وی، مجهز به کوره، بوته‌ی آزمایش و قرع و انبیق، منبع بسیاری از داروهایی به‌شمار می‌آمد که برای بیمارانش تجویز می‌کرد، به همان گونه که هم‌سنخ و هم‌نظرش، پاراسلسوس، یک قرن پیش از آن (**۱۵۲۰**) هم به همین شیوه رفتار کرده بود.

در این موارد شواهد ومدارکی را نیز بر علیه این مفهوم قدیمی که «هوا» را یکی از عناصر می‌دانست، گرد آورد. «هوا» به شکل‌های زیادی وجود داشت ــ وی بر این باور بود که فهرستی از این انواع «هوا» در اختیار دارد ــ و اصطلاح عام جدیدی، «گاز»، برای آن‌ها ابداع کرد که از واژه‌ای فلاندری به معنای «آشوب»[1] برگرفته شده بود. این اصطلاح باز هم سرشار از معنایی پر راز و رمز بود. یکی از گازها را «گاز سیلوستر» نامید زیرا از سوختن چوب ناشی می‌شد (و از این‌رو این گاز عمدتاً کربن دیوکسید بود). اما وی هیدروژن سولفید یا «گاز تخم‌مرغ گندیده»، هیدروژن کلراید («ارواح نمک طعام») و نیتروژن اکساید را شناسایی کرد.

فون هلموت با صاحبان قدرت و کلیسا هم دردسر و مشکلاتی پیدا کرد. برخی از طرح‌ها و پیشنهادهای او را دادگاه تفتیش عقاید اسپانیا تحت عنوان «خودستایانه و بدعت‌گرانه» محکوم کرد و او مدتی را در بازداشت کلیسایی سپری کرد. دانشکده‌ی پزشکی لووُن به پیروی از او از دیدگاه‌های هنوز پذیرفته نشده‌ی پاراسلسوس اعتراض کرد. این ایام دوران سختی برای ارائه‌ی ایده‌های نو بودند.

در سال ١٦٤٤ گزارش مهم‌ترین آزمایش خود را ــ رویش درختی در یک گلدان

---

1. chaos

که فقط به آن آب می‌داد ــ منتشر کرد. پس از پنج سال وزن این درخت از ۵۰ کیلوگرم تجاوز کرد، در حالی که وزن خاک گلدان تقریباً تغییری نکرده بود. فون هلموت در این باره چنین استدلال کرد که آب به تنهایی موجب رشد درخت شده، و آب خودش به چوب تبدیل شده است. باید یک قرن دیگر می‌گذشت تا پاسخ قانع‌کننده‌ای به این مسئله داده می‌شد (**۱۷۲۷**).

رنه دکارت و «فلسفه‌ی مکانیکی»

۱۶۴۴ رنه دکارت فرانسوی به اعتبار این گفته که «می‌اندیشم، پس هستم» بسی نامبردار است. و آزمایش‌های اندکی انجام داد، و بیشتر روی نظام و دستگاه آرا حساب می‌کرد و به آن‌ها متکی بود تا تولید و ایجاد شناخت و دانش. از این رو دکارت در معنای امروزی دانشمند نبود. اما کار او در تلفیق و یکپارچه‌سازی جبر و هندسه در سال ١٦٣٧، که «هندسه تحلیلی» یا «هندسه‌ی مختصات» نامیده شد، ابراز توانمندی برای علم از آب درآمد، بخصوص وقتی با حساب دیفرانسیل و انتگرال یا حسابانی که پس از کوتاه مدتی ابداع شد، هماهنگ و یکپارچه گردید. مجموعه‌ی اعداد به کار رفته برای تعیین موضع نقطه‌ای در فضای دو یا سه بعدی را هنوز هم مختصات دکارتی می‌خوانند.

دکارت در صف مقدم فلسفه‌ی جدید قرار داشت که بین طبیعت و یک ماشین ارتباط و پیوند برقرار کرد، به جای این‌که آن را موجود یا میدانی از تأثیرها و نفوذهای دلخواه تلقی کند. وی چهل سال پیش‌تر از آیزاک نیوتون برای توضیح رفتار جهان هستی بزرگ‌تر بر مبنای مکانیک تلاش و آن را به زبان ریاضی بیان کرد.

روایت نیوتون، که در کتابش تحت عنوان *پرینکیپیا/پرینسیپیا* در سال **١٦٨٧–١٦٨٨** انتشار یافت، یک پیروزی و کامیابی به‌شمار آمد و تا زمان حاضر عمدتاً دست‌نخورده باقی مانده است. دکارت کارهای خود را در سال ١٦٤٤ منتشر کرد، و صحت مطالب این اثر چندان دیرپا نبود. در عالَم او، تمامی «ماده‌ی رقیق» اما غیر قابل آشکارسازی فضای بین اشیای عادی را پر کرده بودند. در این سیال «گرداب‌های» بزرگ سیارات و ستارگان دنباله‌دار در مدارهایشان خورشید را دور می‌زدند، و قمرهای گوناگون به دور سیارات می‌گردیدند.

این تصویر پذیرش همگانی یافت. مردم می‌توانستند ایده‌ی گرداب را بفهمند؛ آنان گرداب‌هایی را در آبی دیده بودند که آشغال و واریزه‌هایی را حمل می‌کرد و

به صورت گرداب می‌چرخیدند. برعکس، این مفهوم که با یک نیروی «جاذبه» تا مسافت‌های طولانی از طریق فضای تهی وارد آید، آن گونه که نیوتون بعداً اظهار داشت، بی‌معنی به نظرشان می‌رسید.

اما این طرح به برخی پرسش‌های مهم، مانند این‌که چرا مدار همه‌ی سیارات به دور خورشید در یک صفحه قرار ندارند و چرا مدار ماه نه با مدار زمین به دور ماه موازی است و نه با خط استوای آن، پاسخ نمی‌داد. از این رو بعد از حدود یک قرن، «گرداب‌های» دکارت جذبه و کشش خود را از دست دادند. اما این ایده‌ها درباره‌ی «ماده‌ی رقیق» (نیز مشهور به «اتر») در قرن نوزدهم هم کماکان دوام یافت. و دکارت مدل «طبیعت به مثابه ماشین» را در یک وضعیت گیرا و خوشایند قرار داد.

نمی‌توان چیزی شگفت‌آورتر و ناموجه‌تر از این تصور کرد که کسی بگوید حرف‌هایی که می‌زند، یا آرایی که ارائه می‌دهد، قبلاً از ذهن و زبان هیچ فیلسوفی تراوش نکرده است.

رنه دکارت

کبریت، نارنجک دستی و خودنویس

فناوری قرن هفدهم

در قرن هفدهم «فناوری یا روش شناخت» شتابان راه اعتلا پیمود و بهبود یافت ــ انواع تلسکوپ و میکروسکوپ، انواع فشارسنج و دماسنج‌های اولیه، یاری‌های ریاضیاتی مانند جدول‌های لگاریتم، خط‌کش‌های محاسبه و ماشین حساب‌های ابتدایی، ساعت‌ها و پمپ‌های خلأ دقیق، ابزار اندازه‌گیری دقیق چون کولیس ورنیه و انواع ریزسنج (میکرومتر). اما در حالی که این ابزار علم را به پیش می‌بردند، بر زندگی روزمره تأثیر چندانی نداشتند. قسمت اعظم جنبه‌های جامعه، و صنعتی که وجود داشت، کم‌تر تأثیری از آن‌ها پذیرفتند. روش‌های سنتی کشت و پرورش مواد غذایی، صنعت ساختمان‌سازی، پشم‌ریسی و بافت پارچه‌های پشمی، مسافرت و برقرار کردن ارتباط، و حتی حفظ سلامتی و پیشگیری و دفع بیماری‌ها، کماکان ادامه یافت.

«انجمن‌های علمی» جدید، مانند انجمن سلطنتی لندن، دارای مجوز و منشور بهبود بخشیدن «هنرهای عملی و علوم» بودند، و بسیاری از محققان زمانه بسی خلاق و مبتکر بودند، اما ایده‌های آنان از فضا و محدوده‌ی مکان‌های ملاقات و آزمایشگاه‌هایشان چندان فراتر نمی‌رفت. هرگونه بهبود و پیشرفت تدریجی عمدتاً از بینش و بصیرت و تجربه‌ی صنعتکاران ناشی می‌شد. مثلاً، آهن‌کاران برای ساختن سیم و زنجیر راه و روش‌های بهتری یافتند، اما دستگاه‌های تراشکاری دقیق فلزات تنها در پایان آن قرن پای بر عرصه نهادند.

از آنچه که در آینده قرار بود اتفاق افتد نشانه‌هایی پدیدار شده بود. هم ذغال کُک و هم گاز قابل اشتعال را با حرارت دادن ذغال سنگ خرد شده در ظرف‌های محبوس و بسته تولید کردند، هرچند که در آن زمان از آن‌ها استفاده‌ای نمی‌شد. آزمایش‌هایی در خصوص فشار گازهایی چون هوا و بخار، دنیس پاپَن فرانسوی را به ساختن «هاضم بخار یا دیگ بخار» (که امروزه آن را «دیگ زودپز» می‌نامیم)، و توماس ساوری انگلیسی را به ساختن یک تلمبه‌ی بخاری ابتدایی برای بالا بردن و خارج کردن آب از معادن، هدایت کرد. اولی با بالا بردن فشار، و دومی از طریق کاستن آن، کار می‌کرد. مدت‌ها سپری شد تا پی بردند که چنین افزایش و کاهش فشاری می‌تواند کار مکانیکی مفید انجام دهد، به همان ترتیب که در قرن بعدی ماشین بخار این امر

را اثبات کرد.

کارها و فعالیت‌های مهندسی را عمدتاً ساختمان‌سازی تشکیل می‌داد، مانند کارهایی که باید برای بازسازی ساختمان‌ها پس از فاجعه‌ی آتش‌سوزی شهر لندن در ۱٦٦٦ انجام می‌شد، یا پروژه‌های زهکشی، مانند شبکه کانال‌هایی که زمین‌های باتلاقی انگلیس را به اراضی خشک بدل کرد. به دلایل گوناگون، در این موارد اهالی هلند خبره و ورزیده بودند. ماشین‌آلات دیگری آن را به فواره‌های باغ‌های خانه‌های بزرگ، مانند کاخ ورسای در نزدیکی پاریس، می‌رساندند.

البته، ایده‌های جدید مطرح می‌شدند: نخستین بهره‌گیری از کاغذ دیواری در حدود سال ۱٦٤٥، قلم خودنویس (۱٦٥۷) به جای پَر برای نوشتن، فنر برای نرم کردن کالسکه در جاده‌های عمدتاً ناهموار آن زمان (۱٦٦۳)، نارنجک دستی به عنوان جنگ‌افزار (۱٦٦۷)، سازوکارهای جدید برای ساعت‌های دیواری و ساعت‌های مُچی (۱٦۷۰)، شیلنگ‌های آتش‌نشانی تاشدنی و قابل انعطاف (دهه‌ی ۱٦۷۰)، شیشه‌ی سربی، که از شیشه‌ی قلیایی سنتی بسی محکم‌تر و سخت‌تر بود (۱٦۷٥)، کبریت‌های جیبی که با استفاده از گوگرد تازه کشف شده ساخته می‌شدند (۱٦۸۰)، روش‌های ساخت شیشه‌ی جام (۱٦۸۸) و پارچه‌ی جدید که چلوار نامیده می‌شد و از هند وارد شد (۱٦۹۰).

اما آهنگ دگرگونی در فناوری در مقایسه با قرن‌های بعدی و نیز با رشد و گسترش دامنه‌ی علم در آن زمان کند بود. هنوز مدتی مانده بود تا انقلاب صنعتی پیوند سودمند متقابلی بین فعالیت‌های عملی و تحقیقات علمی برقرار کند.

۱۷۰۰ - ۱۶۵۱

چشم‌انداز جهان در این دوره

لویی چهاردهم، ملقب به پادشاه آفتاب، که در سال ۱٦٦۱ قدرت فردی و خودکامه را در فرانسه قبضه کرد، از طریق جنگ تقریباً مداوم بر علیه همسایگانش بر سر قدرت و قلمرو، جستجوی خود را برای دستیابی به شکوه و عظمت ملی پی گرفت. اما جز جنگ از حربه‌های اعتلای هنرها و علوم نیز برای اهداف خود سود جست. در انگلستان خانواده‌ی سلطنتی به قدرت بازگشت و حیات اجتماعی احیاء شد، اما در پایان قرن، بر خلاف فرانسه، قدرت پادشاه به نحو پر دامنه‌ای محدود شد.

اسپانیا، فرانسه، هلند، بلژیک و بریتانیا، همراه با پروس و سایر دولت‌های ژرمن، پیوسته در حال جنگ بود، در حالی که سایر دولت‌ها در جستجوی فرونشانی و مهار جاه‌طلبی‌های فرانسویان بودند. در آن سوی اروپا، اتریش، روسیه و ونیز کماکان به عقب راندن ترک‌های عثمانی ادامه دادند، که در محاصره‌ی وین در سال ۱٦۸۳ ناکام مانده بودند. حالا از سپری شدن روزهای پر شکوه علم و فناوری در سرزمین‌های اسلامی مدت‌های طولانی گذشته بود.

هنر و اندیشه

لویی چهاردهم پادشاه فرانسه راه و رسم ساخت قصرهای جدید مجلل و باشکوهی چون ورسای را باب کرد، که یکصد سال طول کشید تا تکمیل شود. باغ‌های این کاخ در ۱٦٦۲ احداث و تالار آینه‌اش در ۱٦۷۸ طراحی شد. در لندن، کریستوفر رن کار بازسازی چندین باب کلیسا، از جمله کلیسای جامع سن پُل، را که در آتش‌سوزی ۱٦٦٦ نابود شده بودند، آغاز کرد. سبک معماری جدیدی، یعنی سبک باروک، از ایتالیا به تمامی خاک اروپا گسترش و رواج پیدا کرد.

سبک و شکل موسیقیایی جدیدی به نام اُپرا، که کلودیو مونته وردی ایتالیایی پیشگام

آن بود، به هدایت ژان لولی فرانسوی به راه خود ادامه داد. پیشگام راه باروک در موسیقی هنری پرسل (با ساخت اپرای *دیدو و آینیاس*، ۱۶۸۸) و آرکانجلو کورلیِ ایتالیایی بودند. در کِرمونا (شهری در لومباردی ایتالیا)، استاد آنتونیو استرادیواری ویولون‌های بی‌همتا و سایر سازهای زهی خود را می‌ساخت.
نمایشنامه‌های طنزآمیز و انتقادی مولیر برای نخستین بار در تئاترهای فرانسه به صحنه آمدند (*میزانتروپ*[1]، ۱٦٦٧). با بازگشایی تئاترهای لندن بلافاصله پس از بازگشت شاه چارلز دوم به تخت سلطنت، «نمایشنامه‌نویسان دوره‌ی بازگشت» شکوفا شدند. جان میلتون حماسه‌ی *بهشت گمشده‌ی*[2] خود را در سال ۱٦٦٧ منتشر کرد، ساموئل پپیس نوشتن خاطرات مشهورش را در ۱٦٦٩ آغاز کرد و سیریک *زائر*[3] اثر جان پایلن برای نخستین بار در ۱٦٧٨ انتشار یافت.

عصر نیوتون

در خلال این ۵۰ سال آهنگ کشف و اکتشاف به نحو چشمگیری شتاب گرفت. برای نخستین بار، به میزان سرعت نور و اندازه و ابعاد منظومه‌ی شمسی پی بردیم. اکسیژن را کشف کردیم (هرچند که آن موقع هنوز هم به این نام خوانده نمی‌شد)، میکروب‌ها را در آب و یاخته‌های قرمز را در خون دیدیم، به قدرت فشار هوا پی بردیم، ماهیت رنگ و معنای نظم لایه‌های سنگی را فهمیدیم، نام علم شیمی را برگزیدیم، عنصر شیمیایی را تعریف کردیم، فهمیدیم که گیاهان می‌توانند تنفس کنند، ساعت‌هایی ساختیم که وقت را به خوبی نگه می‌داشتند، به راز و رمز حلقه‌های زحل پی بردیم و خواص فسفر مبهوتمان کرد. بر سر ماهیت نور (ذره یا موج؟)، مقصد اسپرماتوزوئید در مَنی یا نطفه (انگل‌های اندام‌های جنسی یا اساسی برای حاملگی؟) و اهمیت سنگواره‌ها (رویش‌ها و رشد صخره‌ای و سنگی صِرف یا یادبودهای حیات پیشین؟)، مناقشه و کشمکش در گرفت.

---

۱. The Misanthrope، با نام *مردم‌گریز* در سال ۱۳۳۸ به فارسی منتشر شده است. م

2. Paradise Lost

3. A Pilgrim's Progress

آیزاک نیوتونی که یک سر و گردن از همه بلندتر بود، در سال ۱٦٤۲ یعنی همان سال درگذشت گالیله، به دنیا آمد. جمع‌بندی او از قوانین زمین و آسمان در پرینکیپیا دستاورد برجسته‌ی علم قرن هفدهم، و شاید همه‌ی قرون و اعصار، به‌شمار می‌آید. در پیرامون نیوتون مردانی یافت می‌شدند که هوش و ذکاوتشان فقط اندکی از او کم‌تر بود: رابرت هوک همه‌فن حریف کامل؛ کریستوفر رن و ادموند هالی، فعال در حوزه‌ی نجوم، فیزیک و سایر زمینه‌ها؛ نمینیا گرو و جان ری در حوزه‌ی زیست‌شناسی؛ جان مایو و رابرت بویل در شیمی. عَلم انگلیسی در این نیم قرن با قدرت دامن گسترد و اعتلا یافت؛ تمامی این مردان چهره‌های برجسته و بانفوذ انجمن سلطنتی محسوب می‌شدند که در سال ۱٦٦۲ تأسیس شده بود.

انجمن‌های علمی و رصدخانه‌های ملی بنیاد نهاده شدند، اما انترناسیونالیسم قوی بود. رصدخانه‌ی پاریس، که به همت یک ایتالیایی تأسیس شده بود، چهره‌های پیشگام ستاره‌شناسی را از هلند و دانمارک جذب کرد. دامنه‌ی کاربرد تلسکوپ‌ها و میکروسکوپ‌ها گسترش یافت: نیوتون، هالی، رن، ژان کاسینی فرانسوی و کریستین هویگنس هلندی همگی در استفاده از میکروسَکوپ شاخص و سرآمد بودند؛ در حوزه‌ی کاربرد میکروسکوپ، هوک، یان سوا مردام و آنتونی فون لِونهوک هلندی، و مارچلو مالپیگی پیشگام بودند. جان لاکِ انگلیسی سکویی از مصالحَ فلسفه بنا کرد تا استحکام بنای رو به رشد علم را پشتیبانی کند.

بلز پاسکال: دانشمند فکور

۱۶۵۳

حیات این ریاضیدان فرانسوی کوتاه و تحت‌الشعاع وضع جسمانی ناسالم و بیمارش بود. وی فقط ۳۹ سال عمر کرد، زیرا که رشد توموری بدخیم در معده‌اش تا مغز او را فرا گرفت. پاسکال، به اعتبار تجربیات زندگانی‌اش عمیقاً مذهبی بود و غالباً کارهای علمی را رها می‌کرد تا وقت و زندگی‌اش را وقف مسایل روحانی کند. پاسکال در یکی از آثار خود تحت عنوان *اندیشه‌ها*[1] که در اواخر عمرش تألیف کرد، استدلال کرد که همگان باید به خداوند باور بیاورند؛ وهیچ کس از این اعتقاد زیانی نخواهد دید.

وی، گذشته از مذهب و امور مذهبی، قسمت عمده‌ی وقت خود را صرف ریاضیات کرد، علم احتمالات را بنا نهاد و راه را برای نوآوری‌های دیگران در حساب

1. Pensées

دیفرانسیل و انتگرال هموار کرد. وی ماشین حسابی را هم به نام *پاسکالین*[1]، ظاهراً برای یاری رساندن به پدرش در حسابرسی و گردآوری مالیات‌ها، اختراع کرد.

نام وی در حوزه‌ی فیزیک در چارچوب اصل (یا قانون) پاسکال زنده مانده که این اصل را در سال ۱٦٥٣ تدوین و منتشر کرد. این قانون از جمله‌ی استنباط‌ها و شناخت‌های بسیار مهم و تأثیرگذار در حوزه‌ی «هیدروستاتیک» یا علم سیالات (شاره‌های) ساکن به‌شمار می‌آید. بر هر بخشی از سیال فشار وارد کنید این فشار بدون کم و کاست به همه جای آن سیال منتقل می‌شود. این قانون پایه و شالوده‌ی «پرس هیدرولیک یا پرس روغنی» را تشکیل می‌دهد. فشار برابر است با نیرو تقسیم بر مساحت؛ به این ترتیب یک نیروی کوچک وارد بر مساحتی کوچک وقتی به رویه یا سطح بسیار بزرگ‌تری منتقل شود بسی بزرگ خواهد شد.

اصل پاسکال

فشار وارد بر هر نقطه (از جمله بر رویه یا سطح) یک سیال یا شاره (گاز یا مایع) در حال سکون به طور مساوی در تمام جهات و بدون کم و کاست به تمام قسمت‌های آن شاره منتقل خواهد شد.

پاسکال

پاسکال عبارت است از یکای فشار. نیروی یک نیوتونی وارد بر سطحی به مساحت یک متر مربع فشاری برابر با یک پاسکال برقرار خواهد کرد. فشار جوّ در سطح زمین تقریباً ۱۰۰,۰۰۰ پاسکال (۱۰۰۰ هکتوپاسکال) است.

توجه و تمرکز او بر مبحث فشار فقط چند سالی تداوم یافت، اما کشف‌هایش در این زمینه اهمیت فراوان داشت. پاسکال با فراگیری و برداشت اطلاعات از یافته‌های توریچلی (**۱٦٤۳**)، به این نتیجه رسید که فضای بالای ستون جیوه در فشارسنج باید خلأ باشد. از آنجا که فشار هوا به تناسب عکس ارتفاع کاهش می‌یابد (هرچه ارتفاع بالاتر باشد فشار هوا کم‌تر است) ـــ واقعیتی که وی در سال ۱٦٤۸ با بردن یک

1. Pascaline

فشارسنج به بالای یک تپه در محل زندگی‌اش اثبات کرد ــ در نقطه‌ای بر فراز زمین فشار هوا به صفر افت خواهد کرد. بنابراین خلأ («نیستی یا پوچ») بایستی بر فراز جوّ در ناحیه‌ی بین خورشید و سیارات، که اکنون آن را «فضا» می‌نامیم، باید وجود داشته باشد. این نظر مجادله‌برانگیز بود زیرا بسیاری از دانشمندان، مانند هم‌وطن‌اش دکارت، به پیروی از ارسطو اعتقاد داشتند که «طبیعت از خلأ بیزار» است.

یکای اندازه‌گیری فشار را اکنون پاسکال می‌گویند.

کریستین هویگنس: ساعت‌ها و افلاک

کریستین هویگنس، ریاضیدان و فیزیکدان زاده‌ی هلند، قسمت اعظم عمر ۱۶۵۶
کاری خود را در فرانسه و تحت حمایت لویی چهاردهم طی کرد. مراوده‌های گسترده‌ی پدر دیپلماتش در میان ریاضیدانان و فیلسوف‌های طبیعی به هویگنس جوان در تعیین و گزیده راه و روش زندگی از همان اوایل زندگی‌اش کمک کرد. زندگی و حیات او یگانه و منحصر به فرد بود، و زندگی‌نامه‌نویسان غیر از دستاورد مهم‌اش در علوم چندان چیزی از زندگی او ننوشته‌اند.

هویگنس، در حکم مردی ثروتمند و برخوردار از مقرری دربار سلطنتی در امر دنبال کردن و پیگیری گستره‌ی وسیعی از مباحث جالب مختار و آزاد بود. از جمله‌ی این مباحث می‌شود نجوم و ستاره‌شناسی را برشمرد. وی هنر تلسکوپ‌سازی را به پیش برد و اعتلا بخشید و به اکتشاف‌های درخور توجهی چون *سحابی بزرگ جبار*[1]، عوارض سطح مریخ، قمر بزرگ کیوان (زحل)، و ماهیت واقعی حلقه‌های زحل نایل آمد. کشف بزرگ وی، یعنی تیتان یا بزرگ‌ترین قمر زحل، بیشتر از سیصد سال بعد به نام کاوشگری که نخستین بار در سال ۲۰۰۵ بر سطح این سیاره نشست، گرامی داشته شد. بعداً در طول زندگانی‌اش در کاربرد تلسکوپ‌های خیلی دراز (یعنی، تلسکوپ‌های لوله بلند) برای غلبه بر برخی نقایص ذره‌بین‌های آن دوران نقش پیشگام را ایفا کرد؛ یکی از این نوع تلسکوپ‌ها که در اواخر عمرش ساخت، هشتاد متر درازا داشت.

با دقیق‌تر و پیچیده‌تر شدن علم ستاره‌شناسی، نقش ساعت‌های دقیق و قابل اعتماد نیز در این حوزه اساسی شد. تقریباً یک قرن پیش از آن، گالیله (**۱۵۸۱**) پی برده بود که یک وزنه‌ی نوسانگر زنش و نواخت منظم و پایداری را حتی با زایل شدن نوسانش،

1. Great Nebula in Orion

حفظ می‌کند. در حدود سال ۱۶۵۶ هویگنس با استفاده از این واقعیت نخستین ساعت را ساخت که با یک آونگ تنظیم می‌شد.

طی سی سال بعدی وی کماکان به اصلاح کردن و بهبودی بخشیدن ساعت‌هایش ادامه داد و روابط ریاضی حاکم بر آن‌ها را کشف کرد. وی ساعت‌هایی با آونگ‌های مرکب ساخت و از آونگ‌ها به فنرهای رقاصک روی آورد تا ساعتی بسازد که بتواند بر روی کشتی در دریا وقت صحیح را نگه دارد. چنین «ساعتی دریایی» می‌توانست از طریق نگه داشتن زمان در بندر عزیمت و فراهم آوردن مقایسه‌ی آن با زمان محلی که به وسیله‌ی خورشید تعیین می‌شد، مشکل آزارنده‌ی طول جغرافیایی را حل کند. یکی از راه‌حل‌های نهایی این چالش در قرن بعد و در کشور دیگری یافته شد (**۱۷۶۵**).

۱۶۹۰ ◄◄

اوتو فون گریکه: قوه‌ی اسب در تقابل با فشار هوا

۱۶۵۷

اوتو فون گریکه، همان‌گونه که از نامش بر می‌آید، از خانواده اشرافی آلمانی، هم از لحاظ محل تولد و هم از جهت موفقیت و پیشرفت، به‌شمار می‌آمد. وی به مدت سی سال تا آخر عمرش شهردار زادگاه خود ماگدبورگ بود. او حقوق هم خواند و در مقام دیپلمات خدمت کرد. اما این کارهای پیشگامانه‌اش در فیزیک بود که نام وی را تا امروز زنده نگه داشته است. وی در دانشگاه بر سر درس‌های ریاضی و مهندسی حاضر می‌شد و از حدود سال ۱۶۵۰ متوجه موضوع فشار هوا شد، شاید این توجه وی از طریق خواندن نوشته‌های اوانجلیستا توریچلی (**۱۶۴۳**) و بلز پاسکال (**۱۶۵۳**) به این موضوع جلب شده است. این دو تن نشان داده بودند که هوا وزن دارد و می‌تواند نیرو وارد آورد. فون گریکه یک تلمبه‌ی پیستون مانند ابداع کرد که برای نخستین بار می‌توانست قسمت اعظم هوا را از یک ظرف بسته تخلیه کند. وی پس از کوتاه زمانی پی برد که هر شکلی غیر از کره تحت فشار نامتوازن هوا متلاشی می‌شود.

وی برای انجام آزمایش «نیمکره‌های ماگدبورگ» مشهورش دو نیمکره‌ی مسی ساخت که به صورت تنگاتنگی به هم جفت می‌شدند، و قطر هر کدامشان حدود ۳۰ سانتی‌متر بود. وی قسمت عمده‌ی هوای داخل دو نیمکره‌ی به هم چسبیده را بیرون کشید به طوری که در داخل آن خلائی نسبی به وجود آمد. شانزده رأس اسب را به دو گروه کرد که هر گروه یکی از این دو نیمکره را به دو سوی مخالف می‌کشید؛ نمایشی قدرتمند از فشار هوا و واقعیت خلأ به راه افتاده بود. فون گریکه بعداً پمپ

یا تلمبه‌ی خلأ خود را بزرگ‌ترین نوآوری و اختراعش اعلام کرد.

فون گریکه نخستین کسی بود که توجه کرد صدای زنگ در زیر یک سرپوش با تخلیه شدن هوای زیر سرپوش ضعیف‌تر می‌شود، اما اثر ربایشی (جاذبه‌ای) یک «مغناطیس طبیعی» (آهنربا) و یک «الکتریک» (تکه‌ای کهربا که به پارچه مالیده شده باشد) تحت تأثیر تخلیه‌ی هوا و شرایط خلأ قرار نمی‌گیرد. وی آشکارا پی برد که انتقال صوت نیاز به هوا دارد اما انتقال الکتریسیته و مغناطیس چنین نیست. وی همچنین به این نتیجه رسید که حیوانات اگر مدتی در یک محفظه‌ی تخلیه شده از هوا بمانند می‌میرند و شعله‌ی آتش در این محیطِ خالی از هوا خاموش خواهد شد.

از جمله‌ی موارد مهم مشاهدات او یکی هم این بود که پیستونی در یک سیلندر (استوانه) می‌تواند بر اثر فشار هوا قویاً به یک طرف رانده شود در صورتی که یک خلأ نسبی در سر دیگر آن ایجاد شود. این یافته نخستین گام در پیمودن راه طولانی به سوی ساخته شدن ماشین بخار و برپایی انقلاب صنعتی به‌شمار می‌آمد. ◀◀ ١٦٦٣

رابرت بویل: آزمایش با هوا

۱۶۵۹

رابرت بویل، زاده‌ی ایرلند در خانواده‌ای توانگر، درس‌خوانده در اتون، و مختار در اختصاص دادن وقت و انرژی فراوانی در امر تحقیقات، یکی از پربارترین اذهان و اندیشه‌گران زمانه‌ی خود بود. چند سالی در آکسفورد زندگی کرد، در آنجا با دانشمندان «کالج نامرئی[1]»، که یکی از طلایه‌داران انجمن سلطنتی به‌شمار می‌آید، همکاری می‌کرد. وی در کلاس‌های درس شرکت می‌کرد اما از مزیت زندگی اشرافی بهره می‌برد بدون این‌که درجه‌ای دانشگاهی دریافت دارد. در ۲۰ سال آخر عمرش در کنار خواهر خویش در لندن می‌زیست و در ٦٤ سالگی درگذشت بدون این‌که ازدواجی کرده باشد. وی قلباً و عمیقاً مذهبی بود و همانقدر در حوزه‌ی الهیات مطالعه و کار جدی می‌کرد که در زمینه‌ی علوم، و هزینه‌ی ترجمه‌های کتاب مقدس به زبان انگلیسی را می‌پرداخت و مبالغی پول قرارداد برای این‌که صرف هزینه سخنرانی‌هایی در خصوص جایگاه باورهای مسیحی در عصر جدید علم شود. در نزد بویل و بسیاری از هم‌روزگارانش تعارض و تضادی بین این دو حوزه وجود نداشت.

در سال **١٦٥٩**، در حالی که بویل در آکسفورد مطالب و نوشته‌های سال **١٦٥٧** اتو فون گریکه درباره‌ی تلمبه‌های هوا و خلأ نسبی را می‌خواند، تصمیم گرفت کارهای

1. Invisible College

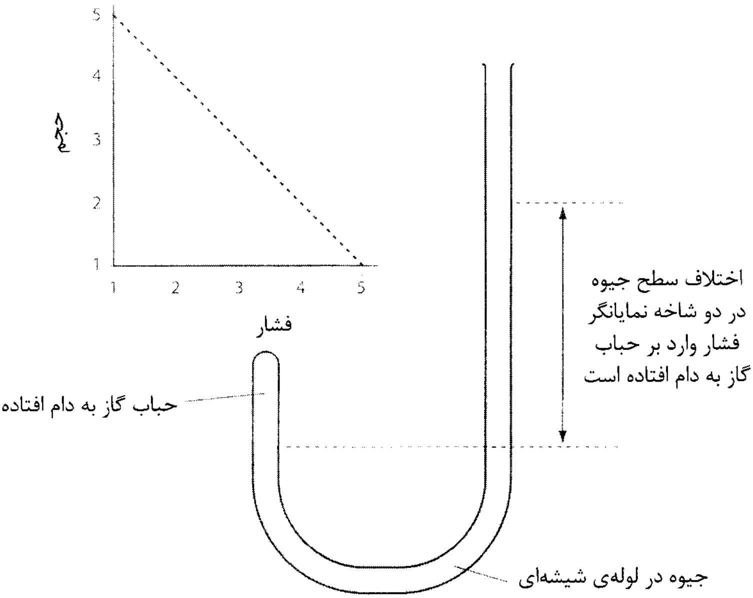
او را با یک تلمبه‌ی هوایی تکرار کند که کارآمدتر و کاربردش آسان‌تر باشد. وی این کار را به کمک رابرت هوک جوان و بسیار قابل و توانا انجام داد، که دستیارش شده بود. این تلمبه‌ی هوا به حبابی شیشه‌ای به شکل زنگ متصل بود که اشیای گوناگونی را داخل آن نهاده و رفتارشان را مشاهده می‌کرد.

بویل توجه کرد که با بیرون کشیده شدن هوا، صدای تیک تاک ساعت واقع در زیر سرپوش شیشه‌ای رو به ضعیف شدن می‌گذارد (هرچند که هنوز هم می‌شد کار کردن ساعت را مشاهده کرد)، یک شمع یا چراغ الکلی کوچک روشن، خاموش می‌شد و جانوران کوچکی چون پرندگان یا موش برای تنفس به تقلا می‌افتادند و پس از کوتاه مدتی می‌مردند. به این ترتیب وی، مانند فون گریکه، دریافت که صوت برای انتقال به هوا نیاز دارد؛ وی آزمایش دیگری هم انجام داد و مشاهده کرد که انتقال نور نیازی به هوا ندارد. نه تنفس حیوانات و نه احتراق و سوختن بدون وجود هوا امکان‌پذیر نیست.

این بویل بود که «لوله‌ی توریچلی» پر از جیوه را «فشارسنج» نامید، که در سال **۱٦٤۳** این لوله نشان داده بود که هوا وزن دارد؛ این کلمه (فشارسنج) به معنای یکی از راه‌های اندازه‌گیری وزن است. چنان‌که مشهور است، وی در سال ۱٦٦۲ چیزی را اعلام کرد و نمایش داد که معمولاً قانون بویل نامیده می‌شود. وی وسیله‌ی ساده‌ای را ساخت؛ قطعه لوله‌ای شیشه‌ای که به صورت *J* خم شده و سر کوتاهش آب‌بندی شده بود. وقتی از بازوی بلندتر و گشوده‌ی لوله‌ی *J* شکل به داخل آن جیوه ریخت یک حباب کوچک هوا در زیر قسمت در بسته (بازوی کوتاه) به دام افتاد. هر چه جیوه‌ی بیشتری ریخت، حجم آن حباب هم کوچک‌تر شد. اختلاف سطح جیوه در دو بازوی این لوله‌ی *J* شکل نمایانگر فشاری بود که گاز داخل آن حباب را می‌فشرد. در نتیجه هر چه فشار بیشتر می‌شد، حجم کاهش می‌یافت؛ قانون بویل عبارت است از یک رابطه‌ی «عکس».

قانون بویل (قانون ماریوت)

اگر کمیت ثابتی از گاز در دمای ثابتی نگه داشته شود، حجم‌اش با فشاری که بر آن وارد می‌آید نسبت عکس دارد.



رابرت بویل به کمک این وسیله‌ی ساده اثبات کرد که با افزایش فشار وارد بر حباب گاز، حجم آن به همان نسبت کاهش پیدا می‌کند. فقط در صورتی که دما تغییر نکند این امر صادق است.

این رابطه فقط در حالی صادق است که دما ثابت باشد، هرچند که بویل چنین چیزی نگفت (وی احتمالاً فقط آن را فرض کرده است). ادم ماریوت[1] فیزیکدان فرانسوی بیست سال بعد این رابطه را از نو کشف کرد و آن را باز یافت (در نتیجه آن را در اروپای خارج از انگلیس قانون ماریوت می‌گویند)، و صراحتاً ابراز داشت که دما باید ثابت بماند. یک قرن دیگر باید سپری می‌شد تا رابطه‌ی بین دما و حجم (و فشار) جا بیفتد و جای خود را بیابد (**۱۷۸۳**).

بر فراز این‌ها همه یک پرسش بزرگ دیگر سایه افکنده بود. چرا گازها در فضاهای کوچک‌تر به آسانی فشرده می‌شوند، در حالی که جامدات و مایعات نمی‌توانند چنین حالتی پیدا کنند (یا بسیار اندک فشرده می‌شوند)؟ چرا گازها «اسفنجی» یا «فنری»اند؟

---

1. Edme Mariotte

بویل از مفهومی با پذیرش همگانی فزاینده سود جست، مفهومی باستانی که پی‌یر کاسیندی فرانسوی آن را احیا کرده بود (۱۶۲۳)، مبنی بر این‌که کل ماده از ذرات ریز تشکیل شده است (بویل آن‌ها را «تنیزه»[1] نامید). در هر گازی، بین تنیزه‌ها (ذرات) فضایی وجود دارد که بویل آن فضا را پر از فنرمانندهای ریزی، مثلاً، کلاف‌های پشم، تجسم کرد. از این رو اتم‌ها می‌توانند به یکدیگر نزدیک شوند و گاز متراکم و فشرده شود. در جامدات و مایعات این ذرات در تماس تنگاتنگی‌اند، و فشردگی بیشتر در آن‌ها دشوار یا ناممکن است. وقتی فشار برداشته شود، اتم‌ها بار دیگر برمی‌جهند و از هم دور می‌شوند.

به این ترتیب پشتیبانی و حمایتی بر دیدگاه «اتمی» طبیعت فراهم آمد، که نشان می‌داد این دیدگاه چیزی فراتر از یک ایده‌ی جالب است. این نظر عملاً می‌توانست علت رفتار و کرداری را توضیح دهد که از گازها سر می‌زند. (۱۶۶۱)

جان ری: تجلی خداوند در طبیعت

۱۶۶۰ جان ری، کشیش انگلیسی، به احتمال قوی طبیعت‌شناس پیشگام زمانه‌ی خودش بوده است. از حدود ۱٦٦۰ به مدت چهل سال وی جزئیات مطالعه و بررسی‌های سیستماتیک (سازمانی) گیاهان، پستانداران، ماهیان و حشرات را که عمدتاً در انگلستان و نیز قاره‌ی اروپا گردآوری کرده بود، منتشر کرد. ری که پسر یک آهنگر بود، عشق و علاقه‌ی خود به طبیعت را از مادر گیاه‌شناس‌اش کسب کرده بود.

کارهای برجسته‌ی وی اعتبار و آوازه‌ی پر دامنه‌ای پدید آورد و او را در میان اعضای اولیه‌ی انجمن سلطنتی قرار داد. اما هدف عمده‌ی او در زندگی عبارت بود از ستایش و شکر کردن از خدای خود از طریق مطالعه‌ی آفریده‌های او. وی در هر جای طبیعت نشانه‌های برنامه‌ریزی و مقصد و مقصود الهی را مشاهده می‌کرد، و اعتقاداتش را در سال ۱٦٦۱ در کتابش تحت عنوان خرد *خداوند متجلی در کارها و آثار طبیعت*[2] ثبت کرد.

ری در جستجوی یک سامانه‌ی رده‌بندی گیاهان و جانوران بود که در عین حال نظم الهی و ملکوتی را هم منعکس کند. وی برای برگذشتن از موانع زبانی بهره‌گیری از زبان لاتین را در نوشته‌هایش برگزید. وی تعریف گونه‌ها را خیلی نزدیک به آنچه که ما امروز تعریف می‌کنیم ارائه داد، و گیاهان گلدار را به دو رده‌ی عمده (گیاهان

---

1. Corpusele

2. *Wisdom of God Manifested in Works of Nature*

«تک لپه‌ای» و گیاهان «دو لپه‌ای»)، بسته به این‌که یک برگ یا دو برگ اولشان از دانه می‌رویند، تقسیم کرد. کتاب‌های وی شامل تشریح و توصیف ۱۸۰۰۰ رقم گیاه است. آثارش الهام بخش نسل‌های گردآورندگان (کلکسیونرها) و رده‌بندی‌کنندگان، از جمله کارل لینایوس کبیر[1]، شد (**۱۷۳۰**).

در زمانه‌ی ری، طبیعی‌دانان در خصوص ماهیت و خاستگاه «سنگواره‌ها» ــ که به تعداد فزاینده‌ای از زیر خاک بیرون کشیده می‌شدند ــ بخصوص آن‌ها که مشابه گیاهان و جانوران امروزی بودند، مناقشه و کشمکش داشتند. بسیار کسان سنگواره‌ها را در حکم «بذرهای» اندامگان‌هایی که هرگز بر عرصه‌ی حیات گام ننهاده‌اند، یا به عنوان بازمانده‌های موجوداتی که در توفان نوح از بین رفته‌اند، تلقی می‌کردند. ری، مانند دین نیکولاس استینو (**١٦٦٧**)، معتقد بود که چنین سنگواره‌هایی زمانی اندامگان‌هایِ زنده بوده‌اند، اما نه این‌که همه‌ی آن‌ها در جریان توفان نوح از بین رفته باشند. وی مانند دا وینچی این سوآل را مطرح کرد که چرا توفان و سیل آن‌ها را به داخل زمین فرو برده، به جای این‌که آن‌ها را از زمین خارج کند، و چرا آن‌ها را به صورت رگه‌ها و لایه‌هایی نهشته به جای این‌که به صورت تصادفی و کاتوره‌ای در هر جایی پراکنده‌شان کند.

ری در اواخر عمرش حتی در این زمینه هم به تأمل پرداخت که آیا برخی سنگواره‌ها نمایانگر موجوداتی‌اند که به مرور زمان منقرض شده‌اند. این امر دیدگاه خلقت کامل او را به چالش کشید، اما راه را برای ارائه‌ی ایده‌های جدید درباره‌ی سن و تاریخ و پیشینه کره‌ی زمین گشود.

مارچلو مالپیگی: استادکار میکروسکوپ

۱۶۶۱

هیچ چیزی مثل استفاده‌ی روش‌مند از میکروسکوپ در قرن هفدهم ــ که در اوایل همان قرن اختراع شد ــ در پیشرفت زیست‌شناسی و کشف اشیایی، زنده و غیر زنده، که برای چشم غیر مسلح خیلی ریز بودند، مؤثر نبوده است. در میان کارشناسان و متخصصان پیشگام در مطالعه و بررسی این حوزه‌ی جدید، در کنار رابرت هوک انگلیسی (**١٦٦٥**) و یان اسوامردام[2] (**١٦٧٠**) و آنتونی وان لِونهوک (**١٦٧٣**) هلندی، مارچلو مالپیگی ایتالیایی هم نقش عمده‌ای بازی کرد. وی توجه خود را بر مطالعه‌ی موجودات زنده متمرکز و کشف‌های مهمی هم کرده بود.

---

1. Linnaeus
2. Jan Swammerdam

مالپیگی پزشکی بود که تا مقام دکتر شخصی پاپ ترقی کرد و در سال ۱٦٦۹ به عضویت افتخاری انجمن سلطنتی لندن گمارده شد. میکروسکوپ ساخت او در سال ۱٦٦۱ آشکار کرد و نشان داد که خون از مجراهای ریز خون یا مویرگ‌های پیونددهنده‌ی سرخرگ‌ها (شریان‌ها) و سیاهرگ‌ها (وریدها) و برعکس، عبور می‌کند. این امر بر نظریه‌ی سال ۱٦۱٦ ویلیام هاروی درباره‌ی گردش خون مُهر تأیید نهایی گذاشت. در سال ۱٦٦٦ وی برای نخستین بار گویچه‌های قرمز را در خون مشاهده کرد و رنگ خون را به آن‌ها نسبت داد.

تقریباً هر بافت انسانی در شمار کاوش‌های او قرار می‌گرفت. پرزهای چشایی، لوله‌های ریز در داخل کلیه، لایه‌های تشکیل‌دهنده‌ی یاخته‌ی پوست و ساختار عصب بینایی را کشف کرد. و اساسی‌تر از همه‌ی این‌ها، پی برد که بافت‌ها دارای ساختاری‌اند که با کارکرد آن‌ها رابطه دارد. حتی بزرگ‌ترین اندام‌ها از غده‌هایی ساخته می‌شوند که مایع ترشح می‌کنند. این یافته‌ها او را در صف مقدم زیست‌شناسان قرار داد؛ به اعتبار کشف‌های او تحقیقات پزشکی دستخوش دگرگونی ژرفی شد.

کارش در خصوص جنین و نطفه‌ی جوجه، شناسایی ساختارهای ریزی که بعداً جزئی از قلب یا دستگاه عصبی می‌شد، از اهمیت یکسانی برخوردار بود. کار او در مورد اهمیت اقتصادی کرم ابریشم، از جمله کشف این واقعیت که کرم‌های ابریشم ریه ندارند و از طریق منافذی در پوست‌شان تنفس می‌کنند، به رشد صنعت پرورش کرم ابریشم کمک کرد.

سال‌های آخر عمرش به هیاهو و جنجال گذشت. ایده‌های نو و افراطی و ریشه‌نگرش، که بسیاری آن را بدعت‌گذارانه تلقی می‌کردند، به بروز مباحثه‌ها، حسد و عدم درک و سوءتفاهم‌هایی انجامید. در سال ۱٦۸٤، خانه‌اش را چپاول کردند و آتش زدند، میکروسکوپ‌هایش را خرد کردند، و رساله‌ها و نوشته‌هایش را پراکنده و نابود کردند. منصب‌هایی که از جانب پاپ به او واگذار شده بود، و سایر افتخاراتش، موجب شد که دارایی و ثروتش را پس گیرد و جایگاهش به عنوان یکی از بزرگ‌ترین پژوهشگران زمانه‌اش به همین دلایل تأیید و تصدیق شد.

رابرت بویل: شیمی نام پیدا می‌کند

۱۶۶۱ تجربه‌گر پرکار و اشراف‌زاده‌ی ایرلندی، رابرت بویل، نام کتاب دوران‌ساز خود را که در سال ۱٦٦۱ انتشار یافت *شیمیدان شکاک*[1] نامید. وی در

1. The Sceptical Chemist

این رهگذر برای موضوع بررسی‌هایش («شیمی»)، و نیز برای تحقیقاتش، با حذف نخستین هجا از واژه‌ی alchemy (کیمیاگری) که هرچه بیشتر بی‌اعتبار شده بود، نام جدیدی را ابداع کرد. بویل پایه‌ی ایده‌های خود را بر آزمایش و مشاهده، به شیوه‌ی عصر جدید و نه با اتکا به منطق و حدس و گمان، استوار کرد. وی مواد دخیل در واکنش‌ها را به دقت وزن می‌کرد و از این‌رو، مثلاً، نشان می‌داد که مواد وقتی سوخته باشند سنگین‌تر می‌شوند. وی پی برد که عصاره‌های گیاهی چون «شربت بنفشه» در اسیدها رنگ‌هایی غیر از رنگ آن‌ها در بازها بروز می‌دهند (نخستین کاربرد شناساگرهای شیمیایی).

بویل نیز، مانند سایر تحقیقاتی که تعدادشان در آن زمان رو به افزایش بود، عقیده داشت که ماده از «ذرات» یا «تنیزه‌ها»، که به «اتم» نیز معروف بودند، ساخته می‌شود، هرچند که تردید داشت این «کوچک‌ترین قطعه‌ها یا تکه‌های طبیعت» را هرگز بشود دید. به نظر وی، مواد مختلف حاوی خوشه‌های ذرات مختلف‌اند؛ واکنش‌های شیمیایی از نظر او حاصل بازآرایی این خوشه‌هایند. خواص مواد مشخصه‌ی اتم‌ها را منعکس می‌کنند؛ مثلاً، اسیدها طعم تند و تیزی دارند و پوست را می‌سوزانند زیرا ذرات آن نوک‌تیزند.

بویل خود را «شکاک» نامید و از پذیرش کورکورانه‌ی ایده‌های قدیمی، مانند نگرش چهار «عنصر»[1]، سر باز زد. اگر کسی اظهار و اعلام می‌کرد که ماده‌ای «عنصر» است، باید اثبات می‌کرد که آن ماده نمی‌تواند به چیزی ساده‌تر تجزیه شود. بویل برای نخستین بار عملاً، و نه در چارچوب فلسفه و استدلال‌های فلسفی، عناصر را مشخص و تعریف کرد.

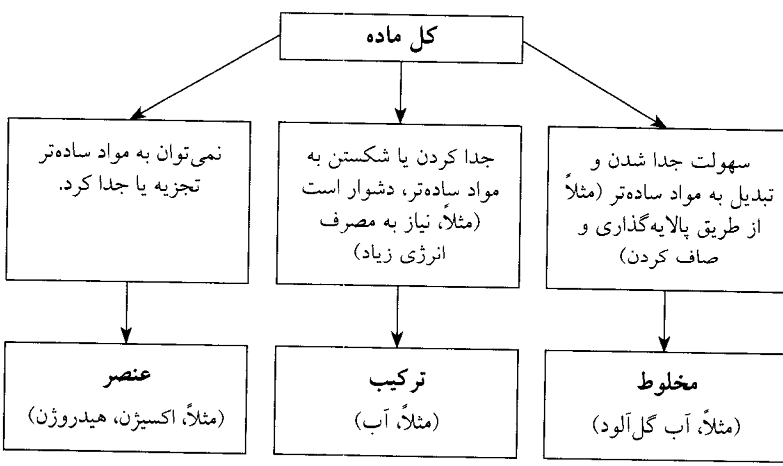
به نظر بویل برخی مواد «مخلوط»اند و به آسانی می‌توان اجزای آن را از هم جدا کرد، دقیقاً مانند ذرات خاک و گل که می‌توان با صاف کردن آب گل‌آلود آن‌ها را جدا کرد، و آب خالص به دست آورد. مواد دیگر می‌توانند «مرکب یا ترکیب» باشند؛ دو یا چند عنصر به طور تنگاتنگی به هم گره می‌خورند اما باز هم می‌توان آن‌ها را از هم جدا کرد، هرچند که با مشکلات و دشواری خیلی زیادی این کار را بشود انجام داد. هم عناصر و هم ترکیب‌ها را می‌توان «مواد خالص» تلقی کرد، برعکس مخلوط‌ها؛ مخلوط‌ها باید هم حاوی عناصر و هم ترکیب‌ها باشند.

---

۱. منظور آن دیدگاه بازمانده از یونان باستان است که بنا بر آن ماده (و جهان) از چهار عنصر آب، آتش، باد و خاک تشکیل میشود.

نخستین جدایی و تفکیک مواد به عناصر، مخلوط‌ها و ترکیب‌ها یکی از لحظات تعیین‌کننده در رشد و گسترش علم شیمی بود. پذیرش این ایده باید به مرور زمان صورت می‌گرفت، اما تا پایان آن قرن (هفدهم) تعدادی از مواد منطبق با تعریف وی شناخته شدند: فلزات شناخته شده و مشهور طلا، نقره، مس، قلع، آهن، سرب و جیوه، و ارسنیک و انتیموان، همراه با «غیرفلزاتِ» کربن، گوگرد و فسفر که بعداً شناخته و کشف شدند.

این عنصر آخری در دوران بویل به تازگی شناخته شده بود. در سال ۱٦٥٦ هنینگ براند، کیمیاگر آلمانی، در پی راهی برای تبدیل نقره به طلا بود، همان کاری که کیمیاگران غالباً انجام می‌دادند. وی همه چیز را، حتی ادرار انسان، پی در پی تقطیر می‌کرد تا این‌که فقط یک ماده‌ی سفیدرنگ درخور توجه بر جای ماند که در تاریکی می‌درخشید و با درخشندگی می‌سوخت. وی این ماده را فسفر نامید که به معنای «پیک نور» بود. براند، شاید به امید بهره‌برداری از قدرت معجزه‌آسای این ماده، کشف آن را پنهان داشت. و این بویل بود که در سال ۱٦٨٠ فسفر را برای بار دوم یافت. بویل خود را به جای کیمیاگر، شیمیدان به جهان معرفی کرد.



در این جدول رده‌بندی شیمیایی ماده را مطابق آنچه که رابرت بویل طراحی کرد، مشاهده می‌کنید. در آن زمان بویل نمی‌دانست که اکسیژن و هیدروژن از جمله‌ی عناصرند.

شگفت این بود که بویل خودش نمی‌توانست به طور قطعی بگوید که کدام ماده عنصر و تعداد آن‌ها چندتاست. مثلاً، به اشتباه فکر می‌کرد که فلزات عنصر نیستند و می‌توانند به یکدیگر (مثلاً، سرب به طلا) تبدیل شوند. حتی در نزد بویل شکاک هم برخی پژواک‌های کیمیاگری باقی مانده بود.

ظهور «انجمن‌های علمی»

۱۶۶۲ با تکوین علم مدرن، متخصصانش (تا دویست سال بعد نمی‌توان آن‌ها را «دانشمند» نامید) احساس می‌کردند نیاز به برقراری رابطه با یکدیگر دارند تا ایده‌های خود را مبادله کنند و از کشفیات یکدیگر باخبر شوند. از نخستین معاشرت‌ها و نشست و برخاست‌هایی از این دست که تا امروز هم دوام آورده انجمن سلطنتی لندن است که در سال ۱٦٦۲ حکم تأسیس آن را شاه چارلز دوم، که به سلطنت بازگشته بود، صادر کرد.

این انجمن نخستین نهاد از نوع خود نبود؛ افتخار نخستین انجمن علمی متعلق به آکادمی لینچین[1] است که در ۱٦۰۳ در ایتالیا به وجود آمد. گالیله یکی از اعضای این آکادمی بود. ویویانی شاگرد او آکادمیای چیمنتو[2] را در سال ۱٦٥۷ در فلورانس بنیاد نهاده بود. در انگلستان، اهل علم چند سالی نشست‌هایی برگزار می‌کردند، که غالباً به صورت مخفیانه بود که آن نشست‌ها را که در خلال جنگ‌های داخلی برگزار می‌شد «کالج‌های نامرئی» می‌نامیدند. مفهوم چنین انجمنی به چندین دهه پیش از آن و به ایده‌های فرانسیس بیکن (**۱٦۲٦**) در این خصوص برمی‌گشت که تحقیقات علمی چگونه باید برای بهبود اجتماع سازماندهی شود.

بنیادگذاری «انجمن سلطنتی» به علم اعتبار و وجهه بخشید و آن (و متخصصانش) را در جریان اصلی حیات اجتماعی و سیاسی قرار داد. طی قرن بعدی گروه‌های مشابهی در سایر پایتخت‌های پیشرو شروع به برگزاری نشست کردند: در پاریس (۱٦٦٦)، ناپل (۱٦۹٥)، برلین (۱۷۰۰)، سن پطرزبورگ (۱۷۲٤) و فیلادلفیا (۱۷٦۹). فرهنگستان‌های فرانسه، آلمان و روسیه کوچک بودند، با گروه‌های برگزیده‌ی دانشمندان که پادشاه به آن‌ها مقرری پرداخت می‌کرد و به حمایت دربار وابسته بودند.

---

1. Lincean Academy

2. Academia di Cimento

«رساله‌ها»یی که آخرین یافته‌ها و آرا و نظرها را تشریح می‌کردند در این گردهمایی‌ها قرائت و بعداً در نشریه‌ی دائمی انجمن، که آن را مذاکرات فلسفی نامیده بودند ــ و تا آن موقع نخستین نشریه‌ی ویژه‌ی علم بود ــ منتشر می‌شد. این شیوه انتشار دانش نو را شتاب بخشید، که قبلاً به چاپ و انتشار کتاب، غالباً سال‌ها پس از تحقق کشفیات، یا در مبادلات غیر رسمی از طریق نامه متکی بود.

در انجمن سلطنتی از همان آغاز تمامی چهره‌ها و نام‌های بزرگ زمانه و بسیاری از چهره‌های کم اهمیت‌تر به چشم می‌خورد. رابرت هوک، کریستوفر رِن، رابرت بویل، جان فلامستد، جان ری، نمینیا گرو و ادموند هالی از جمله‌ی نامداران و چهره‌های برجسته‌ی انجمن به‌شمار می‌آمدند، همچنان که غیر دانشمندانی چون ساموئل پپیس هم در میان آنان بودند. آیزاک نیوتون از ۱۷۰۳ تا هنگام مرگش ۱۷۲۷ رئیس انجمن سلطنتی لندن بود.

> *موضع انجمن سلطنتی و مقصود از تأسیس آن عبارت است*
> *از بهبود و ارتقای شناخت چیزهای طبیعی، و تمامی فنون،*
> *فراورده‌ها، عملیات مکانیکی، ماشین‌ها و نوآوری‌ها و اختراعات از*
> *طریق آزمایش و تجربه (و نه دخالت بی‌جا و فضولی در کار خداوند،*
> *امور ماوراء طبیعی، اخلاقیات، سیاست، دستور زبان، معانی بیان و*
> *منطق)، برای ارتقا دادن شکوه خداوندی، افتخار و جلال پادشاه،*
> *منافع قلمرو ایشان و خیر عمومی افراد بشر.*
>
> رابرت هوک

اتو فون گریکه: نخستین «ماشین الکتریکی»

۱۶۶۳ اتو فون گریکه، آزمایشگر و اشراف‌زاده‌ی آلمانی در همان وقتی که با «دستگاه‌های الکتریکی» درگیر شد، از قبل به خاطر کارهایش در زمینه‌ی فشار هوا (۱۶۵۷) کاملاً شناخته شده بود. او با احساس خارش ناشی از بلند شدن موهای دستش در هنگام نزدیک شدن میله‌ی کهربایی مالش داده شده به پارچه، آشنا بود. در آن زمان فکر می‌کردند که این اثر شبیه نسیم آهسته و کم‌دامنه‌ای است، از

این‌رو پی بردن به این موضوع شگفتی‌آفرین شد که این اثر می‌تواند در خلأ نسبی هم احساس شود.

ویلیام گیلبرت در ضمن پژوهش‌هایش بر روی مغناطیس کره‌ی زمین را به یک آهنربا شبیه کرده و گوی کوچکی از آهنربای طبیعی درست کرد تا با آن به آزمایش بپردازد. فون گریکه فکر کرد که شاید کره‌ی زمین هم یک «الکتریک» است، و گوی یا کره‌ای از گوگرد ساخت تا این اثر را آزمایش کند. وی گوگرد را به این علت برگزید که، همراه با نمک و جیوه، یکی از عنصر کیمیاگران به‌شمار می‌آمد؛ ایده‌های ناشی از کیمیاگری هنوز هم زنده بودند و اذهان تحت تأثیر آن‌ها بود.

وی با مالیدن دست‌هایش روی این کره (که در مدل‌های بعدی به وسیله‌ی یک میل‌لنگ چرخیده می‌شد) مشاهده کرد که تمامی این اثرها اکنون به «الکتریسیته‌ی ساکن» مرتبط‌اند: جرقه‌های ریز، یک صدای شگفت‌آور، ربایش اشیای سبک. بخصوص این‌که او توجه کرد که شیء کوچکی چون تکه‌ای کاغذ برای نخستین بار به دستگاه الکتریکی (یا جسم الکتریکی) جذب می‌شود و سپس، پس از تماس پیدا کردن با آن، دفع می‌شود.

فون گریکه یک «ماشین الکتریکی» ساخته بود، نخستین وسیله و ماشین از خیل دستگاه‌هایی که قرار بود طی قرن بعد محققان را مسحور و شیفته کند. اما وی خودش از آنچه که یافته بود کوچک‌ترین اطلاعی نداشت. جانشینانش هنوز هم تا یکصد سال بعد درباره‌ی ماهیت «الکتریسیته» در حال مناقشه و کشمکش بودند.

فرانچسکو گریمالدی: نور گوشه‌ها را دور می‌زند

۱۶۶۵ فرانچسکو گریمالدی، یسوعی ایتالیایی، یکی از بسیار افراد فرقه‌ی خودش بود که به علم و دانش علاقه‌مند بودند. در زمانی که نبردهای دیگری در کلیسای کاتولیک به طور فعالی مانع بروز ایده‌های علمی جدید می‌شدند و محققان اولیه را مورد آزار قرار می‌دادند که آن ایده‌ها را تا زمینه‌هایی گسترش می‌دادند که با آموزه‌های رسمی (**۱۶۳۳**) تعارض داشت، تعدادی از یسوعیون علم و دانش را به پیش می‌بردند. گریمالدی در میان این یسوعیان نقش رهبری داشت و به راستی در مطالعه حوزه‌ی نور یکی از پیشگامان به‌شمار می‌آید، و بر آیزاک نیوتون، که پس از مطالعه‌ی گریمالدی، انتشار یافته در سال ۱۶۶۵، به مطالعه در زمینه‌ی نور روی آورده بود، تقدم داشت.

شناخته شده‌ترین آزمایش او بسیار ساده بود. وی نور را از سوراخ‌هایی عبور می‌داد که در دو پرده تعبیه شده بود ـــ سوراخ دوم اندکی بزرگ‌تر از اولی بود ـــ و بر پرده‌ی سومی می‌انداخت. اگر نور به خط راست حرکت می‌کرد، آن طور که عموماً به این امر اعتقاد داشتند، لبه‌های منبع نور حاصل باید روشن و درخشان بوده باشد، و ابعاد آن در سوراخ این روشنایی را دقیقاً تعیین می‌کرد. واقعیت چیز دیگری بود. به نظر می‌رسد نور بر فراز مساحت مجاز در داخل ناحیه‌ای منتشر می‌شود که باید به طور کامل تاریک می‌بود. شرایط چنان بود که گویی نور به نحوی «گوشه و زاویه را دور زده است». و لبه‌ها هم پر نور و درخشان نبودند. به نظر می‌رسید که این‌ها در یک رشته حلقه‌های تاریک و روشن حل شده و به آمیزه‌ای از رنگ‌های رنگین کمان‌مانند در آمیخته‌اند.

این الگو یا نقش روشن و تاریک گریمالدی را به یاد دایره‌ی موجک انداخت که در هنگام انداختن سنگی به داخل استخر یا آبگیر به وجود می‌آیند. این مجموعه دایره‌ها او را به این فکر انداخت که آیا نور خودش از همان نوع حرکت موجی هست یا خیر. وی احتمالاً نخستین کسی بوده که این ایده را پیش کشیده است. قطعاً این ایده را محققان دیگری چون کریستین هویگنس هلندی (۱۶۹۰) و رابرت هوک انگلیسی (۱۶۶۵) با جدیت و شور پی گرفته‌اند، و سرانجام، علی‌رغم مخالفت نیوتون که ایده‌های دیگری در سر داشت (۱۶۷۲)، پی گرفته شده است.

گریمالدی در آزمایش دیگری نور را از دو سوراخ تعبیه شده در یک پرده یا صفحه تابانید تا بر رویه‌ای آن سوی این پرده فرود آید. وی حیرت کرد که دید این هر دو باریکه‌ی نور بر نقطه‌ی واحدی فرود آمده‌اند، و این رویه در جاهایی نسبت به وقتی فقط یک منبع نور باشد، تاریک‌تر است. در اینجا نیز گریمالدی از زمانه‌ی خودش جلوتر بود. وی در واقع در کار تأمین شواهد و مدارکی برای ماهیت موج‌گونه‌ی نور بود، شواهدی که در ۱۵۰ سال بعد (۱۸۰۲) که توماس یانگ انگلیسی این آزمایش را تکرار کرد، تأیید و توضیح داده شدند.

رابرت هوک: جهان بسیار کوچک

۱۶۶۵ تا وقتی‌که رابرت هوک، نابغه‌ی ریزنقش انگلیسی، کتاب هیجان‌انگیز و استثنایی‌اش *میکرو-گرافیا*[1] را در سال ۱۶۶۵ منتشر نکرده بود، به مدت نیم

1. *Micrographia*

قرن از میکروسکوپ فقط به صورت پراکنده و گاهگاهی استفاده می‌کردند؛ گالیله در سال ۱۶۰۹ یک میکروسکوپ ساخته بود. اما، میکروسکوپ در هیچ جا با خویشاوند نزدیکش تلسکوپ برای آشکار کردن اشیای شگفت عالم، به رقابت بر نخاسته بود. در واقع، آدم‌های اندکی یافت می‌شدند که به طور جدی آن را رقیبی برای تلسکوپ تصور کنند. هیچ کس گمان نمی‌کرد که چیزهای بسیار کوچکی وجود داشته باشند که با چشم غیرمسلح به چشم نمی‌آیند، مگر شاید اتم‌ها، که کسی انتظار دیدن آن‌ها را نداشت. هوک از طریق مشاهداتش به اعماقی از طبیعت نفوذ کرد که حتی تصورش هم ناممکن می‌نمود.

هوک در مقام دستیار رابرت بویل در آکسفورد از پیش آوازه‌ای به هم زده بود و در سال‌های پیش از **۱۶۵۹** در زمینه‌ی گازها و تلمبه‌های هوا کار می‌کرد. در سال ۱۶۶۲ با حمایت بویل به مدیریت و سرپرستی آزمایش‌ها در انجمن سلطنتی نوبنیاد گمارده شد. هرچند که هنوز هم عضو این انجمن نبود. انتشار *میکروگرافیا* او را مشهور کرد و این کتاب به سرعت به فروش رسید؛ ساموئل پپیس زندگی‌نامه‌نویس آن را «بدیع‌ترین و استادانه‌ترین کتابی که خوانده‌ام» توصیف کرد، و تا وقتی که آن را تمام نکرد نتوانست بخواب برود.

کتاب هوک به نثری زنده و آسان‌فهم نوشته شده و از گراورها و کلیشه‌های حیرت‌انگیزی که خودش از جهان ریز تازه آشکار شده ساخته بود سرشار بود — کَکی که تا ابعاد یک پرنده بزرگ شده بود، سوراخ سوزن ریزی که شبیه به یک هویج ناصاف به نظر می‌رسید، ریزه‌ای خاکستر مانند تل بزرگی ذغال سنگ، سازه‌های جعبه‌مانندی در یک تکه چوب پنبه، که وی برای آن‌ها نام «یاخته» را ابداع کرده بود. بی‌گمان، *میکروگرافیا* در میان بزرگ‌ترین آفریده‌های عصر مشاهده و آزمایش علمی جدید جای می‌گیرد.

هوک قطعاً از قدرت تصویرهای جذاب و گیرای خود در کتابش باخبر بود، و به تأمل و تفکر عمیق‌تر در ماهیت نوری پرداخت که این تصویرها را پدید آورده بود. وی نوارهای رنگی را که در پوسته‌های نازک هوا یا میکا می‌دید از این قرار توضیح داد که نور به شکلی موجی حرکت می‌کند، مانند موجک‌های آب دریاچه. این ایده جدید نبود (**۱۶۶۵، گریمالدی**) اما توجه و حمایت هوک از این ایده موجب شد که توان جدیدی بیابد. یکی از پیامدهای این امر گسترش دامنه‌ی تعارض بین هوک و آیزاک نیوتون، هم‌روزگار شناخته‌شده‌ترش، بود که دیدگاه بسیار متفاوتی به نور داشت (۱۶۷۲). ◄◄ ۱۶۷۸

آیزاک نیوتون: چرا ماه سقوط نمی‌کند؟

۱۶۶۶

چهره‌ی ماندگار آیزاک نیوتون که برای همه‌ی مردم آشناست با یک سیب قرین و درآمیخته است. بنا بر افسانه‌ها وقتی وی زیر یک درخت سیب نشسته بود این سیب به سرش خورد، و به این ترتیب شروع به تفکر و تأمل در خصوص گرانش کرد که سرانجام کل جهان هستی را در بر گرفت.

اگر این اتفاق عملاً روی داده باشد ــ که واقعیت آن محل تردید است ــ زمان آن حدود سال ١٦٦٦ است. وی همراه با هم‌شاگردیانش برای فرار از همه‌گیری بیماری طاعون که آن موقع خاک انگلستان را درنوردیده بود، دانشگاه کمبریج را ترک کرد. وی به زادگاه خود وولفتروپ مانور واقع در لینکلن شایر پناه برده بود؛ خانواده‌اش از کشاورزان میانه‌حال بودند.

در همان جا بود که نیوتون به تأمل در این خصوص پرداخت که چرا یک شیء مانند سیب بایستی به طور قائم فرو افتد و، مثلاً، مسیری اریب را طی نمی‌کند، و نیز چرا ماه فرو نمی‌افتد و به زمین سقوط نمی‌کند. آیا این سیب به آن علت سقوط می‌کند که زمین آن را به سوی خود می‌کشد، و دامنه‌ی چنین کشش و ربایشی تا ماه نمی‌رسد؟ در زمان نیوتون پاسخ به این هر دو پرسش «بله» بود، با تأکید بر این‌که قوانین گرانش حاکم بر اشیای واقع بر زمین و واقع در آسمان‌ها یکسان‌اند. اما این زمان بیست سال پیش از آن بود که وی این مطالب را درکتابش *اصول ریاضی فلسفه‌ی طبیعی* (*پرینکیپیا/پرینسیپیا*[1]) (١٦٨٦) تدوین کرد و نگاشت.

> *اگر به اکتشاف‌های ارزشمندی هم دست یافته‌ام، بیشتر مدیون تلاش و توجه سخت‌کوشانه و با پشتکار به پیرامون بوده است تا هرگونه استعداد دیگری.*
>
> آیزاک نیوتون

نیوتون جوان روی شکل جدید و قدرتمندی از ریاضیات نیز کار می‌کرد که آن را «روش فلوکسیون‌ها»[2] نامید، اما اکنون به آن حوزه حساب دیفرانسیل و انتگرال

1. *Philosophia Naturalis Principia Mathematica (Principia)*
2. Method of fluxions

(حسابان) می‌گوییم. نیوتون توانست رفتار اشیای متحرک و سایر سامانه‌های دستخوش تغییر را محاسبه کند. گوتفریت لایب‌نیتس، ریاضیدان آلمانی (۱۷۱٦)، ایده‌هایی مشابه و متمم در این زمینه ابراز داشت؛ این دو نفر بر سر این‌که در مورد ابداع این روش کدامیک حق تقدم دارد چند دهه در حال مشاجره و مناقشه بودند. لایب‌نیتس بعداً اظهار داشت که نیوتون در زمینه‌ی ریاضیات نسبت به هر کس دیگری پیش از خودش کار انجام داده و ابداع کرده است. تحت آن شرایط، این اظهارات به مثابه حمایت قدرتمندانه‌ای بود.

در سال ١٦٦٩ نیوتون به استادی ممتاز[1] ریاضیات در کمبریج برگزیده شد، هرچند که فقط ۲۷ سال از عمرش می‌گذشت. یک کار و حرفه‌ی برجسته برای او داشت پیش می‌آمد. وی به عضویت ترینیتی کالج[2] درآمد، هرچند در پنهان مسیحی یکتاباوری بود و خط مشی ترینیتی را رد می‌کرد. وی در واقع فردی پیچیده و دارای منشی حیرت‌انگیز بود که اعتقاد داشت مطالعه در کیمیاگری و الهیات دست‌کم به همان ارزش مطالعه‌ی ریاضیات و فیزیک است. با همه‌ی این احوال، وی در پنجاه سال بعدی بر علم در اروپا چیره بود و تا حال حاضر هم بسیار پر نفوذ بوده است.

کریستوفر رِن: بسی فراتر از یک معمار

کریستوفر رن که امروزه به عنوان آفریننده‌ی کلیسای جامع سن پُل «جدید» و ۱۶۶۶
قسمت اعظم لندنی که بر اثر حریق بزرگ ١٦٦٦ نابود شد، شناخته می‌شود در آن زمان ٣٤ ساله بود. اما معماری فقط یکی از استعدادها و توانمندی‌هایش بود. رِن که آدم ثروتمند و فرهیخته‌ای بود، به طور تفننی در بسیاری از حوزه‌های علم که آن موقع در حال شکل‌گیری بود مهارت یافت، هر چند که آثار چندانی منتشر نکرد. در حوزه‌ی نجوم نقشه‌های ماه را ترسیم کرد و کوشید شکل عجیب سیاره‌ی زحل (کیوان) را توضیح دهد، هرچند با تلسکوپ ابتدایی گالیله شبیه یک «سیاره‌ی سه‌تایی» دیده شده بود. کریستین هویگنس هلندی (١٦٥٦) با اظهار این نکته که زحل را یک حلقه فرا گرفته (و این امر به درستی هم همین‌طور بود) تلاش‌ها و آرای او را در این زمینه تحت‌الشعاع قرار داد.

رن در حالی‌که در آکسفورد درس می‌خواند به کالبدشکافی هم پرداخت و حشرات را در زیر میکروسکوپ (که خودش ساخته بود)، حتی پیش از رابرت هوک،

1. Lucasian Professor
2. Trinity College

مشاهده کرد. هوک هم دوست رن بود و هم در سال‌های پس از حریق دستیارش؛ آنان به اتفاق یکدیگر بنای یادبود مشهور آتش‌سوزی را طراحی کردند. زمان حضور رِن در آکسفورد مقارن با ایام حکومت اولیور کرامول بود که به برقراری ارتباط او با محفل سری دانشمندان انجامید که هسته‌ی انجمن سلطنتی را تشکیل می‌داد، و حکم تأسیس آن در سال **۱۶۶۲** صادر شده بود. رِن یکی از بنیانگذاران و رهبران این انجمن بود، و سه سال هم مقام ریاست آن را بر عهده داشت. رن، مانند هوک و نیوتون، بسیار اهل عمل و مبتکر بود. وی آرایه‌ی ماشین‌ها، وسیله‌ها و ابزارآلاتی بسیار جالب طراحی کرد و گاهی هم آن‌ها را ساخت: تلمبه‌های آب، راه و روش مهار کردن قدرت باروت، ابزار و تجهیزات مساحی و نقشه‌برداری، ماشین‌های تدافعی و تهاجی نظامی. وی نخستین باران‌سنج را ساخت (هواشناسی یکی دیگر از حوزه‌های علاقه‌ی وی بود)، و نیز قطعه‌های گوناگون مربوط به تلسکوپ، به گونه‌ای که مواضع و فواصل ستارگان و سیارات را با آن‌ها می‌توانستند به دقت تعیین کنند. تلسکوپ در دستان وی به ابزاری برای اندازه‌گیری، و نه فقط مشاهده و رصد، تبدیل شد.

نیکولاس استینو: نظم در صخره‌ها

۱۶۶۷ نیکولاس استینوی (یا نیلز استنسن) دانمارکی‌تبار پس از گرویدن به مذهب کاتولیک در ۲۹ سالگی، علم را ترک گفت و بقیه‌ی عمرش را در کلیسا سپری کرد. او فقط یک کتاب کوچک نوشت اما میراثش بسی تأثیرگذار بود. به یمن مطالعاتش بررسی و کنکاش صخره‌ها و سنگواره‌ها رو به سامان نهاد و روش‌مند شد.

استینو از مطالعه در طب شروع کرد، و از این‌رو به شناخت جزئیات بدن خودش پی برد. وی در حالی که در دهه‌ی ۱۶۶۰ در فلورانس زندگی می‌کرد (و لفظ لاتینی نامش هم از آنجاست)، به شباهت پر دامنه‌ای بین دندان‌های کوسه که تشریح کرده و برخی اشیای سنگی که همان تازگی‌ها از زیر خاک بیرون آمده بودند، توجه کرد. این «پیکرها در درون پیکرهای دیگر» بسی مناقشه‌آمیز بودند. برخی ناظران می‌گفتند که از آسمان فرو افتاده‌اند، و کسانی دیگر اعتقاد داشتند که به طور طبیعی در داخل صخره‌ها رشد کرده‌اند.

به نظر استینو این‌ها همان چیزهایی بودند که به نظر می‌رسیدند؛ دندان‌ها یا استخوان‌ها یا سایر اجزای گیاهان و جانوران که مدت‌های بسیار پیش از بین رفته و به مرور زمان به صورت سنگ و صخره درآمده‌اند. معدود کسانی هم بودند که چنین

ایده‌ای افراطی در آن زمان را پذیرفتند، هر چند که دا وینچی (۱۵۱۷) یک قرن پیش از آن حدس‌هایی مشابه این آرا زده بود. و یک قرن دیگر هم گذشت تا مفهوم سنگواره در حکم بازمانده‌های حیات قدیم اعتبار یافت و مورد قبول واقع شد.

استینو با مطالعه‌ی لایه‌های سنگی که این سنگواره‌ها در داخل آن‌ها پیچیده شده بودند اعلام کرد که نقشی را می‌بیند که تاریخچه‌ی سنگ‌ها را بازگو می‌کند. به گفته‌ی وی اکثر لایه‌های سنگ یا «چینه‌ها» از آب نهشته شده یا رسوب کرده‌اند، که احتمالاً از زمان توفان نوح بوده که همه‌ی مؤمنان به آن باور داشتند. بنابراین، چنین لایه‌هایی در ابتدا باید افقی بوده باشند؛ در غیر این صورت، نیروهای تحت‌الارضی آن را بالا می‌آورد یا تا می‌کرد.

اگر چینه‌ای روی چینه‌ی دیگر قرار می‌گرفت، لایه‌ی بالایی کم‌سن و سال‌تر و جوان‌تر می‌بود. این «قانون برهم‌نهی»[1] ــ به همان ترتیبی که امروز بدیهی به نظر می‌رسد ــ برای این علم نوپا و نورسته نقش بنیادی بازی می‌کرد. این نخستین مفهوم «تاریخچه‌ی زمین‌شناسی» بود، اگر نه مطلق که به طور نسبی، استینو در مورد این‌که چه مدت باید سپری شود تا لایه‌های سنگ شکل بگیرند هیچ اطلاعی نداشت و زمانی درازتر از آن‌که کتاب مقدس مجاز می‌دانست، به ذهنش خطور نمی‌کرد.

کتاب استینو که در سال ١٦٦٧ منتشر شد (نخستین فصل از اثر بزرگ‌تری که هرگز انتشار نیافت) مخاطب وسیعی یافت و به زبان انگلیسی ترجمه شد. «زمین‌شناسی» به اعتبار این کتاب نخستین گام‌های استوارش را برداشت و استینو عنوان «پدر چینه‌شناسی» را کسب کرد.

ژان کاسینی و جان فلامستید: ستاره‌شناسان سرزمینشان

تا دهه‌ی ١٦٧٠، شصت سال پس از نخستین کاربرد تلسکوپ به وسیله‌ی ۱۶۶۹
گالیله و دیگران در سال ١٦١٠، عقیده و نظر روشنفکرانه به ارزش عملی نجوم و ستاره‌شناسی اذعان کرد، بخصوص به خاطر کمکی که به کشتی‌ها می‌کرد تا موقعیت‌شان را در دریا تعیین کنند. کشورهای پیشرو برای کسب مفیدترین معرفت و دانش در خصوص حرکت خورشید، ماه، سیارات و ستارگان به تأسیس رصدخانه‌هایی ملی دست زدند که بودجه‌ی آن را دولت یا پادشاه تأمین می‌کرد.

فرانسویان در این زمینه در خط مقدم بودند. رصدخانه‌ی پاریس همین‌که با

1. Law of Superposition

حمایت قوی پادشاه در سال **۱۶۷۱** بنیاد نهاده شد، ستاره‌شناسان پیشتاز و مهمی چون دین اوله رومر، که در سال **۱۶۷۶** به اندازه‌گیری سرعت نور اقدام کرد، و کریستین هویگنس هلندی (**۱۶۵۶**) را جذب کرد. نخستین مدیر این رصدخانه جووانی (ژان) کاسینی ایتالیایی؛ نخستین نفر از یک سلسله‌ی جهار نسلی ستاره‌شناسان تأثیرگذار و متنفذ بود.

نام کاسینی به خاطر یافتن شکاف بزرگی در حلقه‌های زحل گرامی داشته می‌شود، که این شکاف را از آن هنگام تاکنون به نام *بخش کاسینی*[1] می‌شناسند و سفینه‌ای فضایی هم که از زمین پرتاب و در سال ۲۰۰۴ به زحل رسید کاسینی نام‌گذاری شد. کاسینی بود که کشف کرد حلقه‌هایی که به دور این سیاره (زحل) می‌گردند نمی‌توانند جامد باشند. وی از طریق ردیابی نشانه‌های سطح سیارات طول روز در مریخ، مشتری (و به نحوی نادرست و نادقیق) زهره (ناهید) را اندازه گرفت. وی برای نخستین‌بار وجود کلاهک‌های قطبی در مریخ و لکه‌ی سرخ بزرگ[2] بر مشتری را، چرخه‌ای به پهنای ۵۰,۰۰۰ کیلومتر که از آن زمان تاکنون مرئی بوده است، گزارش کرد. شاید مهم‌تر از همه این بود که وی در سال **۱۶۷۲** آزمایشی را ترتیب داد که بنا بر نتایج آن ابعاد و بزرگی منظومه‌ی شمسی بر ما معلوم می‌شد.

انگلیسی‌ها با تأسیس انجمن سلطنتی در سال **۱۶۶۲** بر فرانسویان مقدم بودند اما در مورد رصدخانه‌ی ملی از آن‌ها عقب‌تر بودند. رصدخانه‌ی سلطنتی انگلیس در سال ۱۶۷۵ در بنایی تأسیس شد که کریستوفر رِن، بانی کلیسای جامع سن پل، آن را طراحی کرده بود. جان فلامستد در رأس این رصدخانه قرار داشت، که منجم اول سلطنتی بود؛ وی به مدت چهل سال در این مقام باقی ماند، که در عین حال به عنوان کشیش محله‌ی مجاور هم خدمت می‌کرد.

فلامستید راصد و مشاهده‌گری خستگی‌ناپذیر و بسیار دقیق و یکی از سازندگان ابزار دقیق بود. سیاره‌ی اورانوس را یکصد سال پیش از کشف رسمی آن مشاهده کرد اما آن را با یک ستاره اشتباهی گرفت، زیرا در آن هنگام منظومه‌ی شمسی را کامل می‌پنداشتند. وی بعداً با آیزاک نیوتون، رئیس وقت انجمن سلطنتی، که برخی مشاهدات و اندازه‌گیری‌های نجومی وی را بدون اجازه‌اش منتشر کرده بود، از در خصومت و نزاع درآمد. این منازعه به دعوا با ادموند هالی انجامید که بعداً جانشَین فلامستید در گرینویچ شد. هالی یکی از دوستان و همراهان نزدیک نیوتون

1. Cassini Division
2. Great Red Spot

بود (١٦٨٤). هیچگونه راه گریزی از منش‌ها و شخصیت‌ها، حتی در علم، وجود نداشت. ◄◄ ١٦٧٢ کاسینی

یان اسوامردام: پویش در طبیعت

۱۶۷۰ یان اسوامردام طبیعت‌پژوه و کارشناس میکروسکوپ هلندی در ابتدا قصد پیوستن به کلیسا را داشت اما طب را ترجیح داد. دل‌مشغولی او به تحقیق و پژوهش سبب شد که حرفه‌ی پزشکی را نادیده بگیرد و از این‌رو با پدرش در افتد و وی نیز حمایت مالی خود را از وی دریغ داشت. اسوامردام گرفتار رنج و عذاب زیادی شد؛ سلامتی‌اش هرگز بهبود نیافت.

از جمله اکتشاف‌ها و یافته‌هایش در کالبدشکافی انسان می‌توان از دریچه‌های آوندهای لنفی، حفره‌های کوچک در تخمدان‌ها و سازوکار نعوظ در آلت تناسلی مرد را برشمرد. وی راه و روش‌هایی را برای مطالعه‌ی گردش خون از طریق وارد کردن رنگدانه‌ها ابداع کرد. کارهایش در حوزه‌ی رابطه‌ی بین اعصاب و عضلات در قورباغه‌ها دیگر جایی برای «ارواح حیاتی» در ساختن چیزهای زنده باقی نگذاشت.

در حدود سال ١٦٧٠ شروع به مطالعه‌ی حشرات، بخصوص دگردیسی آن‌ها از نابالغی به بلوغ، کرد. وی روشی را برای طبقه‌بندی حشرات بر اساس طریقه‌ی تکامل آن‌ها تدوین کرد که امروزه هم هنوز به کار گرفته می‌شود. مطالعاتش در زمینه‌ی حشرات یک روزه، زنبورها و کرم‌های ابریشم نمونه‌ی عالی و برجسته به‌شمار می‌آمدند؛ کتابش *تاریخ طبیعی حشرات*[1] نخستین کتاب مهم در حوزه‌ی حشره‌شناسی به‌شمار می‌آید که صدها نوع حشره و نیز کرم‌ها و عنکبوت‌ها را توصیف می‌کند.

کارهای او، و کارهای فرانچسکو وردی ایتالیایی، پیامد دیگری هم داشت. مطالعات دقیق زیر پای مفهوم هنوز هم رایج «تولید مثل خودبه‌خود» را خالی کرد؛ حشرات ناگهان از ماده‌ی بی‌جان پدید نمی‌آیند، بلکه از تخم‌هایی بیرون می‌آیند که ماده‌ای از گونه‌ی خودشان آن را گذاشته است. این یافته‌ها، و بی‌اعتبار کردن «ارواح حیات»، به وارد کردن زیست‌شناسی در حلقه‌ی «مدل مکانیکی»، که پیش از آن در فیزیک و ستاره شناسی به خوبی جا افتاده بود، کمک کرد. بنابراین مدل طبیعت بنا بر قوانین واضح و مادی عمل می‌کند. هیچ چیزی فراتر از مطالعه‌ی این قوانین وجود نداشت.

اسوامردام به خاطر مطالعات میکروسکوپی‌اش، مانند هم‌وطنش آنتونی وان

1. Natural History of Insects

لونهوک (**۱٦٧٣**)، ابزار تک‌عدسی را که خودش ساخته بود ترجیح می‌داد. این ابزار قدرتمند اما کاربردش دشوار بود و به شکیبایی زیاد و بهترین نور طبیعی نیاز داشت. وی بدون هیچگونه دوربینی برای ثبت کردن آنچه که می‌دید، صدها شکل ترسیم کرد که بسیاری از آن‌ها بعداً برای چاپ گراور و کلیشه‌سازی شدند.

حرفه‌ی علمی اسوامردام در اواخر دهه‌ی سی حیاتش به خاطر شور و اشتیاق به تأملات مذهبی گسیخته شد، و نوشته‌های بعدی وی سرشار از کنایه‌های فراطبیعی است. اما وی برای مشاهده‌ی گویچه‌های قرمز خون که فکر می‌کرد حاوی چربی است، بار دیگر به عرصه‌ی علم بازگشت. وی پیش از تکمیل کردن و به پایان رساندن «کار عظیم»اش، *کتاب طبیعت* با تصویرهای شکوهمندش، در حالی که بر اثر بیماری مالاریا ضعیف شده بود، درگذشت؛ این کتاب تا پنجاه سال پس از مردن او انتشار نیافت.

ژان کاسینی: بزرگی منظومه‌ی شمسی چقدر است؟

۱۶۷۲ تا نیمه‌ی قرن هفدهم، ستاره‌شناسان از چگونگی سازمان‌مندی و نظم جهان هستی (آن‌طور که آن را می‌شناختند) شناخت مطلوبی کسب کرده بودند، هرچند که کلیسا در این مورد با آن‌ها موافق نبود. بنا بر آنچه که همگان بر آن توافق داشتند، خورشید در مرکز قرار داشت و شش سیاره‌ی شناخته شده (عطارد، زهره، زمین، مریخ، مشتری و زحل) آن را دور می‌زدند. چند سیاره هم خودشان قمرهایی داشتند که به دورشان می‌گردیدند.

اما ابعاد و بزرگی تمام این منظومه چقدر بود؟ چقدر از فضا را اشغال می‌کرد؟ بنا بر قوانین حرکت سیاره‌ای، که نخستین بار یوهان کپلر در سال ۱٦٠٩ آن‌ها را ارائه داد، اندازه و بزرگی مدار سایر سیارات با مدار زمین (به دور خورشید) مقایسه می‌شود. مثلاً، فاصله‌ی زحل تا خورشید نه برابر فاصله‌ی زمین تا خورشید است. اما هیچ چیزی قطعی نبود، هر چند که یونانیان باستان هم از این ابعاد برآوردهایی به دست داده بودند.

این معلومات در سال ۱٦٧٢ تغییر کرد ودگرگونی یافت. جووانی (جان) کاسینی، مدیر ایتالیایی‌تبار رصدخانه‌ی نوبنیاد پاریس، همکارش ژان ریشه را به آمریکای جنوبی (گینه‌ی فرانسه) گسیل کرد در حالی که خودش در فرانسه ماند. آنان هر دو مریخ را در یک روز واحد رصد کردند. از آنجا که هزاران کیلومتر از هم فاصله داشتند، مریخ به نظر هر کدامشان نسبت به زمینه‌ی «ستارگان ثابت» بسیار دورتر در موضع

اندکی متفاوت ظاهر شد (هیچکدام‌شان از فاصله‌ای که از یکدیگر داشتند، بیشتر از گمان و حدسی در ذهن نداشتند!)

آنان با توجه به این اختلاف منظر توانستند فاصله‌ی زمین تا مریخ را حساب کنند و از این‌رو فاصله‌ی بین زمین و خورشید را محاسبه کردند. این «یکای نجومی» (یعنی، فاصله‌ی زمین تا خورشید) حدود ۱۴۰ میلیون کیلومتر به دست آمد. به این ترتیب مدار زمین به دور خورشید حدود یکصد برابر اندازه‌ی خود زمین بود. بنابراین محاسبات، فاصله‌ی زحل که خارجی‌ترین سیاره‌ی منظومه‌ی شمسی به‌شمار می‌آمد، تا خورشید اندکی بیشتر از یک میلیارد کیلومتر به دست آمد؛ با این حساب قطر منظومه‌ی شمسی حدود دو میلیارد کیلومتر شد که تقریباً تمامی آن را فضای خالی تشکیل می‌داد.

طی قرن بعدی این رقم (که اندکی کوچک‌تر از حجم پذیرفته شده‌ی امروزی است)، از جمله از طریق مشاهده‌ی گذارهای زهره، مثلاً در سال **۱۷۶۱**، تعدیل شد.

۱۷٤۰ ◄◄

آیزاک نیوتون: نورِ بسیار رنگ

۱۶۷۲ یکی از مکتب‌های فکری اولیه، در جستجوی توضیحی برای افشانه‌ی نورهایی که از یک قطعه الماس بیرون می‌جهند یا رنگین کمان را تشکیل می‌دهند، استدلال می‌کرد که تمامی رنگ‌ها آمیزه‌ی دو رنگ اصلی، سفید و سیاه، است. دیگرانی هم بودند که فکر می‌کردند رنگ‌ها وقتی ظاهر می‌شوند که نور از طریق گذار از داخل آب یا شیشه «تجزیه» می‌شود.

آیزاک نیوتون بیست و چند ساله، ستاره‌ی درخشان جدیدی در آسمان کمبریج، پس از کوتاه مدتی استعدادهای حیرت‌انگیز خود را متوجه این موضوع و حوزه کرد. به قول خودش، یک منشور (قطعه شیشه‌ای مثلثی) در یک بازار محلی خریداری کرد تا «پدیده‌ی مشهور رنگ‌ها» را مطالعه کند. همان‌طور که انتظار می‌رفت این منشور پرتو نور خورشید را به طیفی از نورها، از قرمز تا بنفش، تجزیه کرد. اما منشور دومی، قرار گرفته به صورت برعکس، رنگ ها را بیشتر «تجزیه» نکرد، در عوض آن‌ها را به سوی نور سفید خم کرد.

در اینجا بر نیوتون ثابت شد که «نور سفید» آمیزه‌ای از رنگ‌هاست که وقتی نور به وسیله‌ی عدسی یا منشور خم یا «شکسته» شود، از هم جدا می‌شوند. وی با این

فرض (که بعداً معلوم شد اشتباه است) که نوری گذرنده از عدسی‌های تلسکوپ‌ها یا میکروسکوپ‌ها همواره از طریق درهم ریختن رنگ محو می‌شود، نخستین تلسکوپ «نیوتونی» را ساخت که در آن به جای عدسی برای گردآوری و کانونی کردن نور، از آینه سود می‌جست. چند سالی پیش از آن، جیمز گریگوری ابزار مشابهی را مطرح کرده، اما نساخته بود.

گریگوری راه دیگری را برای تجزیه‌ی نور سفید یافته بود. رنگ‌ها وقتی ظاهر می‌شدند که نور از شکاف‌ها یا روزنه‌های بسیار ریزی (در این مورد، از پَرَک‌های یک پَر) عبور داد. توضیح دادن این‌گونه «شکست نور» برای نظریه‌ی نور ممتاز نیوتون، یعنی آن نوری که جریانی از ذرات ریز یا «تنیزه‌ها» به‌شمار می‌آمد، چالش‌برانگیز شد. یک نظریه‌ی رقیب هم پرداخته شد که نور را موج تلقی می‌کرد و در سال **۱٦٦٥** رابرت هوک آن را تدوین و تشریح کرده و کریستین هویگنس در سال **۱٦۹۰** پی گرفته بود. این نظریه شکست نور و پدیده‌های دیگر را نیز، و حتی بهتر از نظریه‌ی نیوتون، توضیح می‌داد و از این رو دعوا و کشمکش آغاز شد.

> *اگر من پهنه‌ی گسترده‌تری را نسبت به دیگران دیده‌ام، از این بابت است که بر شانه‌ی غول‌ها ایستاده‌ام.*
>
> ایساک نیوتون در نامه‌ای به رابرت هوک

هوک و نیوتون هرگز با هم نساختند. وقتی نیوتون برای نخستین بار یافته‌اش را در سال ١٦٢٧ در صحن انجمن سلطنتی اعلام کرد، هوک به سختی بر آن ایراد گرفت (تحت این عنوان که این مطالب یا از وی به سرقت رفته یا صرفاً مطالب غلطی‌اند) که نیوتون را چندان آزرده کرد که تا هنگامی که هوک زنده بود از انتشار هرگونه مطلبی امتناع ورزید. هوک در سال ١٧٠٣ درگذشت، کتاب *اپتیک (نورشناخت)* نیوتون کوتاه‌مدتی بعد انتشار یافت.

آنتونی وان لِونهوک: جهانِ خُرد زنده

۱۶۷۴ آنتونی وان لِونهوک که بزازی اهل دلف هلند بود، بدون طی کردن هیچگونه آموزش علمی به یکی از پرآوازه‌ترین پژوهشگران زمانه‌ی خود تبدیل شد.

وی به مدتی طولانی‌تر از پنجاه سال از ۱۶۷۳ یافته‌های انقلابی خود را در قالب مکاتباتی پر حجم برای انجمن سلطنتی لندن و فرهنگستان فرانسه می‌فرستاد.

وان لِونهوک، چنان که اغلب ادعا شده، «میکروسکوپ را اختراع» نکرد. بلکه قطعاً در این ذره‌بین ساده که قرن‌ها شناخته شده بود و او هم آن را برای شمردن تارهای پارچه به‌کار می‌برد، اصلاحات عمده‌ای به وجود آورد. احتمالاً خواندن کتاب *میکروگرافیای* رابرت هوک در خلال تنها دیدارش از لندن الهام‌بخش وی بوده است. این کتاب در سال **۱۶۶۵** منتشر شده است، و سرشار از تصویر اشیایی بوده است که معمولاً بسی کوچک‌تر از آن هستند که به وضوح دیده شوند.

هوک از یک «میکروسکوپ مرکب»، ترکیبی از دو عدسی که در حدود سال ۱۶۰۰ اختراع شد، استفاده کرده است. ساختن و استفاده از این عدسی‌ها دشوار بود و نمی‌توانستند بیشتر از ۳۰ یا ٤۰ بار بزرگ کنند. ذره‌بین‌های کوچک وان لِونهوک، که خودش از شیشه آن را تراشیده و روی قاب سوار کرده بود، بسیار خوب ساخته شده بود و خودش چنان با مهارت اشیاء را از پشت آن مشاهده می‌کرد که اشیا را تا ۲۷۰ برابر بزرگ می‌کرد. جهانی به تمامی نو از پدیده‌های قبلاً ناشناخته ظهور کرده بود.

وان لِونهوک ابتدا وجود چیزهای زنده‌ی ریزی را گزارش داد که «با چابکی» در آب شنا می‌کردند. وی این موجودات را «جانوران ذره‌بینی»[1] نامید؛ این جانوران را اینک تک یاختگان[2] و کرم‌های حلقوی می‌گویند. وی برآورد کرد که یکصد تا از این‌ها را که از درازا به هم بچسبانند به زحمت به اندازه‌ی یک دانه‌ی شن می‌شود، و به نظرش رسید که این‌ها در هوا از جایی به جای دیگر منتقل می‌شوند، و نه این که با «تولید مثل خودبه‌خود» تکثیر شوند.

> *هر موقع چیز درخور توجهی را یافتم، وظیفه‌ی خود دانسته‌ام که کشف خود را بر کاغذ ثبت کنم، به‌طوری که تمامی آدم‌های هوشمند و خلاق پس از این از آن باخبر شوند.*
>
> آنتونی وان لِونهوک

1. Animalcule
2. protozoa

> *برای مشاهده‌ی اشیاء در زیر میکروسکوپ زمانی بس طولانی‌تر از آنچه بسیاری از مردم گمان می‌کنند، صرف کرده‌ام؛ اما این کارها را با لذت تمام انجام داده‌ام، و هیچ توجهی هم به حرف‌هایی از این دست نکرده‌ام که می‌گفتند: «چرا این زحمت زیاد را بر خود هموار می‌کنی، و اصلاً چه فایده‌ای می‌بری؟»*
>
> آنتونی وان لِونهوک

وی اندامگان‌هایی را یافت، که اکنون آن‌ها را باکتری می‌نامیم، که در پلاک بین دندان‌هایش زندگی می‌کردند (و تعداد خیلی بیشتری از آن‌ها در پلاک دو مرد مسنی زندگی می‌کردند که دندان‌هایشان را هرگز تمیز نکرده بودند). وی شکل‌ها و ساختارهای سنگواره‌ها و بلورها، و جلبک‌ها و سایر گیاهان ذره‌بینی را مشاهده و به وجود گویچه‌های قرمزی در خون پی برد، هرچند که اصلاً اطلاعاتی درباره‌ی ماهیت آن‌ها نداشت. همه‌ی کارهایی هم که انجام داد به میکروسکوپ نیاز نداشت؛ مثلاً، نقشه‌ی حیات یک مورچه را، از تخم تا لارو تا شفیره تا بلوغ، ترسیم کرد.

بزرگ‌ترین دستاورد لونهوک، به نظر خودش، عبارت بود از کشف اسپرماتوزوئید در مَنی. اسپرماتوزوئید به معنی «جانوران موجود در منی» است، و وی انتشار رساله‌ی خود در این خصوص را به این علت به تأخیر انداخت که می‌ترسید سبب انزجار یا مایه‌ی رسوایی در میان آن‌هایی شود که فکر می‌کردند این موجودات انگل‌اند. طی چهل سال وان لونهوک به کارشناسی ورزیده در حوزه‌ی منی تمامی انواع موجودات تبدیل شد، و احتمالاً نخستین کسی است که برای نخستین بار اعلام کرد که منشأ حیات جدید در عمل بارورسازی، در هنگامی که اسپرمی در یک تخم نفوذ می‌کند، نهفته است.

جان میو: روح در هوا

۱۶۷۴ حیات جان میو کوتاه ــ به زحمت ۳۵ سال ــ بود اما این پسر اشرافی کورنوالی تأثیر بس ژرفی بر علوم اولیه بر جای نهاد. میو حقوق خواند اما به طب متمایل و در این هر دو شاخه حرفه‌ای شد. رابرت هوک وی را برای عضویت در انجمن سلطنتی در سال ۱۶۷۸ پیشنهاد کرد؛ دو سال پس از آن میو ازدواج کرد و کوتاه مدتی بعد درگذشت.

در حدود سال ١٦٧٤ میو کار خود را بر اساس کارهای رابرت بویل قرار داد، که وی در سال ۱٦٥٩ نشان داده بود در ظرفی که هوایش تخلیه شده هیچ چیزی نمی‌سوزد. میو یک شمع روشن و یک موش را زیر یک سرپوش شیشه‌ای قرار داد. شمع پس از مدت کوتاهی خاموش شد؛ موش هم مدت کمی پس از آن مرد. اما بدون شمع، عمر موش دیگری در زیر این سرپوش نسبت به اولی دو برابر شد. واضح است که، بنا بر استدلال وی، چیزی در هوا وجود دارد که موجب سوختن شمع می‌شود و برای ادامه‌ی حیات نیز ضروری است. از این رو آنچه که در مورد موجودات زنده اتفاق می‌افتد، آنچه که گرما تولید می‌کند و موجب حرکت می‌شود، اندکی شبیه به سوختن است.

اما چیزهای بیشتری هم در کار بود. اگر سرپوشی شیشه‌ای بر شمع روشنی قرار می‌داند که بر آب شناور بود، با خاموش شدن شمع آب تا حدود در داخل سرپوش بالا می‌آمد. میو در این اتفاق ملاحظه کرد که فقط جزء کوچکی از هوا به سوختن کمک می‌کند. قسمت بیشتر هوا برای این منظور بی‌استفاده بود. آزمایش بر روی موش‌های مرده موضوع مشابهی را نشان می‌داد. وی همچنین پی برد که این مؤلفه‌ی مشابه هوا وقتی که فلزی گرم شود جذب خواهد شد و قشر یا «لعابی» را تولید می‌کند.

میو این جزء «فعال و ظریف» را «روح نیترو- هوایی» هوای معمولی نامید؛ وی معتقد بود که این ماده به صورت سوره‌ی (نیترات پتاسیم) شیمیایی یافته شده که بدون آن باروت نخواهد سوخت. نام دیگر این ماده «روح ایگنئو- هوایی» تقریباً به معنای «هوای آتشین» بود. میو، با هر نامی که باشد، اکسیژن را کشف کرده بود، یک قرن تمام پیش از یابندگان شناخته شده‌ترش، یعنی پریستلی (١٧٧٤)، شله و لاووازیه؛ این سه نفر هم آن را جزء چیزهای دیگر، همان «هوای آتشین» نامیدند. این دستاورد وی درخور توجه و چشمگیر بود. وی همچنین علی‌الاصول به درستی رابطه‌ی احتراق- تنفس پی برد و از این رو آن چیزی را یافت که آن را بعداً فیزیولوژی نامیدیم. آیا اگر عمر طولانی‌تری می‌کرد چه چیزهای دیگری را کشف می‌کرد؟

ادموند هالی: ستاره‌شناس کامل

در نزد اکثر مردم، نام ادموند هالی با مشهورترین ستاره‌ی دنباله‌دار قرین است، اما وی مانند بسیاری دیگر در زمانه‌ی خودش در ایام اولیه‌ی حیات علمی خود در حوزه‌ی گسترده‌ای از علم فعال بود. ۱۶۷۶

هالی، پسر یک تولیدکننده‌ی صابون و نمک، برای تحصیل به آکسفورد رفت اما بدون دریافت هیچگونه مدرکی آنجا را ترک کرد، که فرزندان خانواده‌های ثروتمند غالباً این کار را می‌کردند. اندک مدتی بعد، هالی تلسکوپش را به جزیره‌ی سن هلن واقع در جنوب اقیانوس اطلس منتقل کرد. فهرست کردن سه هزار ستاره‌ی نیمکره‌ی جنوبی در آنجا برایش درجه‌ی استادی به حکم پادشاه و عضویت انجمن سلطنتی، هر دو در ۲۵ سالگی، را به ارمغان آورد.

سفرهای دریایی هالی توجه و علاقه‌ی وی را به منشأ بادهای چرخشی اقیانوسی بزرگ جلب کرد. وی در سال ١٦٨٦ نخستین نقشه‌هایی را منتشر کرد که بادهای بسامان خاوری، بادهای بسامان باختری عرض‌های بالاتر و چرخه‌ی شش ماهه‌ی مونسون (باد موسمی) حاره‌ای را نشان می‌دادند. وی به درستی استدلال کرد که این گردش جهانی بزرگ هوا را عمدتاً گرمای خورشید راه می‌اندازد، مونسون‌ها پیامد حرکت ظاهری خورشید در شمال و جنوب آسمان همزمان با تغییر فصول هستند. وی اظهار داشت که بین بادهای بسامان (تجاری) با گردش زمین به دور خورشید رابطه برقرار است، و دلیل آورد که این بادها به سوی نقطه‌ای می‌وزند که مستقیماً زیر خورشید قرار دارد، اما بر فراز سطح زمین و با چرخش کره‌ی زمین حول محور خود به سوی شرق این باد به سوی غرب می‌وزد. این آرا و نقشه‌ها پایه‌ی اولیه و شالوده بودند که بعداً جورج هادلی (**۱۷۳۵**) آن‌ها را بهبود بخشید و تکمیل کرد.

کاربرد دقیق فشارسنج ارتباط و پیوند بین فشار هوا و وضع هوا را که توریچلی (**١٦٤٣**) قبلاً به آن توجه کرده بود، روشنی بخشید و واضح کرد: مثلاً، افت ناگهانی فشار نشانه‌ی وزش قریب‌الوقوع توفان است؛ بالا رفتن درجه‌ی فشارسنج هوای مساعد و خوبی را پیشگویی می‌کرد. در سال **۱۷۰۲** هالی نقشه‌های الگوی میدان مغناطیسی کره‌ی زمین را منتشر کرد، که با نقشه‌هایی که برای باد ترسیم کرده بود شباهت داشت، و بعداً باز هم حرکت بزرگ مقیاس ستارگان را آشکارسازی کرد (**۱۷۱۸**).

هالی همچنین استدلال کرد که شوری آب دریا نتیجه‌ی انباشت نمکی است که به تدریج از سنگ‌ها و صخره‌های واقع بر سطح خشکی فرسایش یافته و به دریا راه یافته‌اند. وی به راستی همه‌فن حریف بود.

دیدار هالی و نیوتون در کمبریج در سال ١٦٨٤ عامل شتاب‌دهنده‌ای برای انتشار کتاب *پرینکیپیای* نیوتون، آن جمع‌بندی عظیم فهم و درک جدید از کارکردهای طبیعت، به‌شمار می‌آید. تشویق و ترغیب نیوتون به انتشار این کتاب برای او بدون پاداش هم نبود؛ *پرینکیپیا* هالی را با ابزاری مجهز کرد که با آن‌ها به بصیرت و بینشی

دامنه‌دار دست یافت که در ۱۷۰۵ به رفتار ستاره‌ی دنباله‌داری پی برد که آوازه‌ی همگانی‌اش بر پایه‌ی آن استوار شده است. ◀◀ ۱٦٤٨

اوله رومر: مشتری و سرعت نور

۱۶۷۶

گالیله‌ی ایتالیایی در سال ۱٦۱۰ اعلام کرد که چهار قمر را یافته است که مشتری را دور می‌زنند، و هر کدام به مدت قابل پیش‌بینی معینی این سیاره را دور می‌زند. منظومه‌ی مشتری نوعی ساعت آسمانی بود؛ هر ناظر و راصدی در هر جا با مراجعه به جدول‌های صحیح نجومی می‌توانست با استفاده از موضع این قمرها زمان جایی را بر روی زمین تعیین کند که مشتری از آنجا قابل رؤیت بود.

در آن موقع یافتن طول جغرافیایی محلی که کشتی در آن نقطه‌ی دریا قرار داشت از معضلات جدی به‌شمار می‌آمد. چه بسیار کشتی‌ها که در نتیجه‌ی معلوم نبودن طول جغرافیایی گم یا در هم شکسته و نابود شدند. پادشاه اسپانیا برای یافتن راه حلی برای این مشکل جایزه‌ای تعیین کرد. گالیله استدلال می‌کرد که ناخدای کشتی می‌تواند با استفاده از اقمار مشتری نیمروز (سر ظهر) را در بندر مبدأ خود محاسبه، و آن را با ظهر محلی (یعنی موضع خودش)، در هنگامی که خورشید در بالاترین نقطه‌ی آسمان واقع باشد، مقایسه کند. هر اختلاف ساعت در زمان این دو موضع به معنای ۱۵ درجه اختلاف در طول جغرافیایی، باختری یا خاوری، بود.

این روش غیرقابل اتکا و کاربرد آن در دریا پر زحمت و دردسرساز بود، از این رو این روش هرگز رایج نشد. اما از این رهگذر مشاهده‌ی دقیق اقمار مشتری تشویق شد. ستاره‌شناسان لحظه‌ی دقیق «گرفت یا کسوف» هر یک از قمرها را در هنگام عبورشان از سایه‌ی مشتری تعیین کردند. نتایج حیرت‌آور و گیج‌کننده بود. در زمان‌هایی این گرفت‌ها زودتر از هنگام مورد انتظار، در زمان‌هایی دیرتر، و این رویداد در چارچوب الگوی منظمی روی می‌داد.

در سال ۱٦۷٦ اوله رومر ستاره‌شناس دانمارکی در پاریس مشغول کار بود، که در آنجا ضمن کارهای دیگرش به دوفن (وارث تاج و تخت فرانسه) تدریس خصوصی و به طراحی فواره‌های کاخ ورسای کمک می‌کرد. رومر به پاسخ آن مسئله دست یافت. اختلاف در زمان‌های گرفت (کسوف) قمرهای مشتری تغییر شکاف بین مشتری و زمین را در هنگام گردششان به دور خورشید، نشان می‌داد. نوری که اطلاعات مربوط به حرکت را با خود می‌آورد باید مسافتی را طی کند.

ابعاد مدارهای سیارات به دست آمده و یافته شده بود (**۱٦٧٢**) و رومر توانست محاسبه کند که نور، که زمانی تصور می‌شد آنی حرکت می‌کند، عملاً در فضا با سرعتی متناهی، هرچند که بسیار سریع، حرکت می‌کند. این دستاورد مهم و عمده‌ای بود، هرچند که پاسخش از رقم امروزی که حدود ۳۰۰,۰۰۰ کیلومتر بر ثانیه است، اندکی کم‌تر بود.

رابرت هوک: لئوناردوی انگلستان

۱۶۷۸ نام رابرت هوک انگلیسی عمدتاً با قانونش، که نخستین بار در سال ۱٦٧٨ انتشار یافت، قرین است. قانون هوک بین نیروی لازم برای کش آمدن سیم یا فنر با مقدار کش آمدن، رابطه برقرار می‌کند. با دو برابر شدن این نیرو، انبساط یا کشیدگی فنر یا سیم هم دو برابر می‌شود. با حذف کشش، آن جسم به شکل اولیه‌اش بر خواهد گشت، مگر این‌که نیروی وارد آمده بسیار بزرگ بوده باشد. هرگاه تأثیر نیرو از «حد کشسانی» فراتر رود سیم یا فنر برای همیشه تغییر شکل خواهد داد.

اما هوک کارهای بسی بیشتر از قانون خود انجام داد. وی یکی از متفکران و اندیشمندان اصیل و بزرگ زمانه‌ی خود و چندان مبتکر و خلاق بود که بسیاری وی را یک دا وینچی انگلیسی تلقی می‌کردند. هوک می‌توانست بنویسد، ترسیم کند، نوآوری، پژوهش و تجسم و تصور کند. در اکثر این فعالیت‌ها با دا وینچی هم‌پا و هم‌ارز بود، و در برخی موارد هم بر وی برتری داشت و از او ماهرتر بود. دا وینچی به تصور درآورد و هوک ساخت.

پژوهش‌های نوآورانه و مبتکرانه‌ی هوک بر قسمت اعظم حوزه‌های در حال تکامل علم پرتو روشنی افکند، هرچند که به مدتی طولانی روی یک مبحث خاص به تفکر و تأمل نپرداخت و دل مشغول نداشت، و کسب اعتبار آن را برای دیگران وا می‌نهاد. وی در آکسفورد در کار مطالعه‌ی گازها (**۱٦٥٩**) همکار رابرت هوک بود و یکی از پیشگامان کاربرد میکروسکوپ (١٦٦٥) به‌شمار می‌آید. وی غالباً بر متفکران بزرگ پیشی می‌جست. مثلاً، آیزاک نیوتون در کارها و تحقیقاتش در حوزه‌ی گرانش از یافته‌ها و اندیشه‌های هوک بهره برد، هرچند که حق تقدم هوک را پاس نداشت و نشناخت. بعضی‌ها در این کلام مشهور نیوتون: «اگر من فراتر از دیگران را دیده‌ام، به این اعتبار است که بر شانه‌های غول‌ها ایستاده‌ام»، اشاره‌ی تحقیرآمیز به جثه و اندام کوچک هوک را برداشت کرده‌اند.

قانون هوک

کُرنش (تغییر بُعد شیء) ایجاد شده در هر ماده‌ی کشسانی با کشش پدیدآورنده‌ی آن (در چارچوب حد کشسانی) متناسب است.

هوک و نیوتون در بسیاری موارد با هم شبیه بودند. منشأ خانوادگی هر دو طبقه‌ی متوسط (کشاورزی در مورد نیوتون، و روحانیت و خادمان کلیسا در مورد هوک) بود، در کودکی مریض‌احوال اما در کارهای دستی بسی ماهر بودند، و سرشت‌شان شکاک و تودار بود و با بالا رفتن تجربه‌ی زندگانی این خصلت در نزد آنان بیشتر تقویت شد.

هوک در آن موقع و بعد از آن زیر سایه‌ی هوش و ذکاوت نیوتون پنهان ماند، اما شغل و حرفه‌ای بلندپایه و مایه‌ی شهرت داشت. توصیه‌ی بویل تداوم مقام او را به عنوان سرپرست آزمایش‌های انجمن سلطنتی نوبنیاد، تضمین کرده بود. وی این مقام را که نسبت به استعدادهایش بسیار آرمانی بود تا هنگام مرگش در ۱۷۰۳، به مدت چهل سال حفظ کرد. او هم مانند نیوتون هرگز ازدواج نکرد.

نمینیا گرو: رفتار گیاهان

۱۶۸۲

دکتر نمینیا گروی انگلیسی در سال ١٦٨٢ *کالبدشکافی گیاهان*[1] را منتشر کرد که علم نوین گیاه‌شناسی به کمک این کتاب به علمی بیشتر و فراتر از فقط مبحث طبقه‌بندی، و مهم‌تر از آن که آن موقع بود، تبدیل شد. وی این علم را فراتر از دل‌مشغولی سودمندی گیاهان قرار داد؛ اکثر کتاب‌های پیشین «کتاب خواص گیاهان»، مربوط به کاربردهای دارویی آن‌ها بوده‌اند.

گرو می‌خواست چگونگی عملکرد و تولید مثل گیاهان را بداند. وی از جمله نخستین کسانی بود که حدس زد گیاهان، مانند جانوران، دو جنس، یا دست‌کم دو نوع اندام جنسی، دارند و هر کدام از این اندام‌ها (از طریق گرده‌ی نر و تخمک ماده) در نسل بعدی سهمی ایفا می‌کند.

گرو در مقام طبیب به روده‌ها علاقه‌مند بود، که مطالعات خود را در خصوص

1. *Anatomy of Plants*

بسیاری از حیوانات در قالب کتابش *کالبدشناسی مقایسه‌ای معده و روده*[1] منتشر کرد. در مورد گیاهان نیز می‌خواست بفهمد که شکل این اندام ها چگونه بر عملکرد گیاهان تأثیر می‌گذارد. این ایده‌ای نسبتاً جدید بود.

گرو دستاورد چشمگیر دیگری هم داشت. این دستاورد از این قرار بود که او نخستین کسی بود که آثار سودمند چشمه‌ها [ی آب گرم] را در اسپوم داون در جنوب لندن توضیح داد. وی پی برد که این «آب‌های التیام‌بخش» سرشار از ماده‌ای معدنی‌اند که پس از گذشت مدت کوتاهی به آن نمک اسپوم لقب دادند و امروزه به آن منیزیم سولفات می‌گویند. گرو از خواص طبی و درمانی این ماده در درمان بیمارانش سود جست.

گرو هم شبیه به اکثر محققان انگلیسی در انجمن سلطنتی فعال بود، و چندین سال در مقام منشی این انجمن خدمت می‌کرد. مدتی هم مقام سرپرستی بخش تشریح گیاهان را بر عهده داشت و در آنجا از میکروسکوپ‌های ساخته‌ی رابرت هوک، سرپرست آزمایش‌های انجمن استفاده می‌کرد. وی برای پرداختن هزینه‌ی چاپ و انتشار کتاب‌هایش یک پذیره‌نویسی همگانی را سازمان داد، که نخستین بار بود که چنین موردی پیش می‌آمد.

ادموند هالی: «بنویس، آیزاک»

۱۶۸۴ پرینکیپیای آیزاک نیوتون به احتمال قوی قدرتمندترین و ژرف‌ترین محصول و فرآورده‌ی شعور آدمی تاکنون به‌شمار می‌آید.

اما پرینکیپیا ممکن بود هرگز نوشته نشود مگر به اعتبار دخالت ادموند هالی، که بعداً به خاطر «ستاره‌ی دنباله‌دارش» به شهرت زیادی دست یافت و در واقع یکی از جامع‌ترین دانشمندان زمانه‌ی خود بود. هالی در آگست ۱٦٨٤ به دیدار پروفسور نیوتون در کمبریج شتافت تا درباره‌ی یک مسئله‌ی عذاب‌آور با وی به مذاکره بپردازد: ماهیت قانونی که قدرت کشش (یا ربایش) گرانشی بین، مثلاً زمین و خورشید و خورشید و ماه، را تعیین می‌کند، چیست؟ اکثر کارشناسان معتقد بودند که نیروی «گرانشی» به فاصله‌ی بین دو شیء وابسته است، و بسیاری هم بر این باور بودند که این رابطه از قانونی «عکس مجذوری»، مانند قانونی که کپلر در مورد نور (۱٦٠٤) یافت، پیروی می‌کند. هرگاه فاصله نصف شود ربایش یا کشش بین دو شیء چهار

1. *Comparative Anatomy of Stomachs and Guts*

برابر خواهد شد؛ هرگاه فاصله‌ی دو شیء دو برابر شود ربایش به نصف کاهش خواهد یافت.

موضوع دیگری هم بود. کپلر در سال **۱۶۰۹** نشان داده بود که سیارات در مداری بیضوی خورشید را دور می‌زنند. آیا این دو مبحث و مورد با هم می‌خواندند و هماهنگ بودند؟ آیا قانونی عکس مجذوری بر مدارهای بیضوی حاکم بودند و برعکس؟ هالی و کسانی دیگر این طور فکر می‌کردند، اما فاقد مهارت‌ها و ورزیدگی‌های ریاضی برای اثبات آن بودند. نیوتون این اثبات را به انجام رساند و در واقع حدود بیست سال قبل از آن این کار را کرده بود. وی به هالی قول داد که محاسباتش را به وی نشان دهد.

هالی تقاضاهایی بیشتر از این‌ها داشت. وی به نیوتون اصرار ورزید تمام آنچه که درباره‌ی این مسئله می‌داند به انجمن سلطنتی ارائه دهد و سپس به انتشار آن اقدام کند. نیوتون، در ابتدا با اکراه و بی‌میلی، تصمیم گرفت که روی موضوع با جدیت فزاینده‌ای کار کند، و ایده‌های پایه و اساسی را تا قلمروهای جدید گسترش دهد. هالی او را به این کار وا داشت، تشویقش کرد، برهان‌ها و اثبات‌ها را وارسید و سرانجام هزینه‌ی چاپش را پرداخت. وقتی آن اثر عظیم در سال‌های **۱۶۸۶-۱۶۸۷**، پس از ۱۸ ماه تلاش جانفرسا انتشار یافت، کار و اثر نیوتون به‌شمار می‌آمد اما دستاورد هالی هم بود. **◀◀ ۱۷۰۵**

آیزاک نیوتون: قدرت پرینکیپیا/پرینسیپیا

۱۶۸۶

خواندن پرینکیپیای نیوتون، که جلد نخست آن از دو جلد در سال ۱۶۸۶ انتشار یافت، بسیار دشوار است. حتی وقتی از زبان اصلی لاتین به انگلیسی ترجمه شد، نثری پیچیده و نفس‌گیر دارد، برهان‌های هندسی‌اش پیچیده و نمودارهایش تشویش‌آورند. عنوان رایج این کتاب (*پرینکیپیا*) جزئی از عنوان طولانی‌تری به زبان لاتین است؛ ترجمه‌ی انگلیسی آن *اصول ریاضی فلسفه‌ی طبیعی* را معنی می‌دهد. نیوتون تلاش می‌کند قدرت بالنده‌ی ریاضیات را در حوزه‌ای به کار گیرد و اعمال کند که اکنون آن را علم فیزیک می‌نامیم. مطالب این کتاب هرچقدر هم که پیچیده و دشوارفهم باشد، یک پیروزی است، گنجینه‌ای از بصیرت‌های اعجاب‌آور و شگفت.

قوانین حرکت نیوتون

قانون اول: هر جسم که در حال سکون، یا در حالت حرکت یکنواخت در امتداد خط مستقیم، باشد به همان حال باقی می‌ماند مگر آن‌که بر اثر وارد آمدن نیروی خارجی مجبور به تغییر آن حالت شود.

قانون دوم: هرگاه نیرویی بر یک جسم وارد آید، آهنگ تغییر حرکت آن جسم (یعنی، شتاب آن) با نیروی وارد آمده متناسب است و این تغییر در جهت وارد آمدن نیرو اتفاق می‌افتد.

قانون سوم: به ازای هر کنش همواره یک واکنش مساوی و مخالف (جهت‌اش) وجود دارد، یا، کنش‌های متقابل دو جسم بر هم همواره مساوی و در جهت مخالف یکدیگرند.

نیوتون در سپاسگزاری از پیشینیانش، آن «غول‌هایی» که وی بر شانه‌هایشان نشسته بود، کوتاهی نکرد. دو قانون اول از سه قانون حرکت را، که محور عمده‌ی بخش اول کتاب را تشکیل می‌دهند، از سال **۱۶۰۴** گالیله مطرح کرده و پرورده بود. مفهوم لَختی یا اینرسی در این سه قانون گنجیده شده که عبارت است از خاصیتی که جسم را با سرعتی ثابت در جهتی ثابت در حال حرکت نگه می‌دارد مگر این‌که نیرویی بر آن جسم وارد آید. تغییر در سرعت و یا تغییر در جهت حرکت (که هر دو «سرعت» آن را تشکیل می‌دهند) با نیروی وارد در همان جهت حرکت متناسب است.

نیوتون، قانون سومی به آن دو قانون افزود که بنا بر آن دو جسم به هر شکلی که برهم‌کنش داشته باشند، چه بر اثر برخورد و چه از طریق ربایش و کشش، هر اتفاقی که برای یکی از آن‌ها بیفتد برای دیگری هم، البته در جهت مخالف اولی، همان اتفاق خواهد افتاد. به این وسیله چیز مهم و سرنوشت‌سازی «پایسته» می‌ماند. نیوتون آن را «حرکت» نامید؛ ما می‌توانیم آن را اندازه حرکت یا «تکانه» بگوییم که عبارت است از جرم جسم ضرب در سرعت آن. کل تکانه‌ی اجسام پیش و بعد از برهم‌کنش باید یکسان باشد. این ایده‌ی جدیدی نبود؛ کریستوفر رن و کریستیان هویگنس، و کسانی دیگر، نیز به آن پی برده بودند. نیوتون این ایده را به صورت جزئی از یک درک و فهم پر دامنه درآورد.

$$F = ma$$

(قانون دوم نیوتون)

نیرو (بر حسب نیوتون) = F

جرم (کیلوگرم) = m

شتاب (متر بر مجذور ثانیه) = a

سرعت اولیه (متر بر ثانیه) = u

سرعت نهایی (متر بر ثانیه) = V

مسافت پیموده شده (متر) = s

زمان سپری شده (ثانیه) = t

$$v = u + at$$

$$s = ut + \frac{1}{2} at^2$$

$$2v^2 - 2u^2 = 2as$$

این معادلات، که در وهله‌ی اول از کارهای گالیله الهام گرفته شد، بین سرعت، مسافت‌های پیموده شده و زمان سپری شده در مورد جسمی با شتاب یکنواخت، که تحت تأثیر نیرویی ثابت همچون نیروی گرانش باشد، رابطه برقرار می‌کنند.

قوانین حرکت برگی منحصر به فرد و یگانه در *پرینکیپیای* ۴۰۰ صفحه‌ای‌اند، اما بقیه‌ی مطالب این کتاب به نحو اجتناب‌ناپذیری از این قوانین، و به یمن قریحه‌ی ریاضی نیوتون، ناشی می‌شوند. وی در این کتاب توضیح می‌دهد که چگونه اشیاء تحت تأثیر گرانش حرکت می‌کنند، چگونه می‌توانند در مسیرهای دایره‌ای به حرکت درآیند و اشیاء چگونه یکدیگر را می‌ربایند. کل بخش دوم این کتاب پیکار اشیای متحرک بر علیه مقاومت هوا یا آب را تشریح می‌کند.

مطالب این کتاب جامع، تفصیلی، محکم و قانع‌کننده است. پیش‌تر از آن هیچ کتابی مانند آن نوشته نشده بوده است و تاکنون هم نظایر اندکی داشته است. ◀◀ ۱۶۷۸

آیزاک نیوتون: نظام جهان هستی

۱۶۸۷ سومین کتاب در *پرینکیپیای* دوران‌ساز نیوتون، تحت عنوان *نظام جهان هستی*، برای نخستین‌بار در سال ۱۶۸۷ انتشار یافت. این عنوان حاکی از بی‌پروایی و عنوانی دور از احتیاط بود. نیوتون در نظر داشت که نه تنها چگونگی حرکت کیهان و عالم بزرگ‌تر بلکه علت این حرکت را نیز نشان دهد. توضیح او پویایی عمومی را در بر داشت که خودش آن را «گرانی» یا «نیروی گرانش» نامید، که امروزه به عنوان یک نیروی کششی (ربایشی) بین تمامی اشیاء در هر جایی شناخته می‌شود. این نیروست که بین فرو افتادن سیبی به زمین با حرکت سیارات دوردست وحدت برقرار می‌کند.

بنا بر بیان نیوتون، کشش گرانشی در درجه‌ی اول به مقدار ماده‌ی موجود در اشیاء وابسته است. هرچه جرم یک جفت جسم بیشتر باشد، با قوت و شدت بیشتر به سوی هم کشیده می‌شوند. یک جسم بزرگ و یک جسم کوچک به طور مساوی یکدیگر را می‌ربایند، اما کششی بزرگ‌تر بیشتر مقاومت و کم‌تر حرکت می‌کند. جرم عظیم خورشید این امکان را برایش فراهم می‌آورد که در نزدیکی مرکز منظومه‌ی شمسی ما مستقر باشد و زمین و سایر سیارات را ملزم می‌کند که به دورش بگردند. به این ترتیب آرا و نظرهای نیکولا کوپرنیک (۱۵۴۳) هم تأیید شد.

عامل تعیین‌کننده‌ی دیگر فاصله بود. همان‌گونه که خیلی‌ها پیش از او ــ از جمله رابرت هوکی که همین حدس را در نامه‌ای به نیوتون زده بود ــ تصور کرده بودند، نیروی گرانش از قانون «عکس مجذوری» پیروی می‌کند. هرگاه فاصله‌ی دو شیء دو برابر می‌شد ربایش متقابل آن‌ها به نسبت سه‌چهارم ضعیف‌تر می‌شد. نیوتون در قالب یک نتیجه‌گیری درخور توجه نشان داد که فقط جرم و فاصله مؤثرند و نه اندازه و ابعاد اشیاء. اشیای متقارن، هر چقدر هم بزرگ، چنان رفتار می‌کنند که گویی همه‌ی جرمشان در تک نقطه‌ای در مرکز هر یک متمرکز باشد.

نیوتون با این قدرت و توانایی که یافته بود، اکنون می‌توانست ثابت کند که اشیایی که تحت تأثیر نیروی گرانشی آزادانه حرکت می‌کنند مسیرهای قابل توضیح و توجیه‌پذیری را پی می‌گیرند: در صورتی که مدارها بسته باشند مسیر بیضی، اگر دو انتهای مسیر یکدیگر را قطع نکنند مسیر سهموی. سیارات، قمرها و ستارگان دنباله‌دار به این علت مسیر حرکت خود را حفظ می‌کنند که نیروی گرانشی گرایش آن‌ها به پرواز به بیرون در یک خط مستقیم را به حالت تعادل و موازنه درمی‌آورد، و از این رو آن‌ها را به مدارهایی قابل پیش‌بینی هدایت می‌کند.

قانون گرانش نیوتون

ربایش گرانشی بین هر دو جسم با حاصل ضرب جرم این دو جسم نسبت مستقیم، و با فاصله‌ی بین مراکز آن‌ها نسبت عکس دارد.

$$F = \frac{G\ m_1 \times m_2}{d^2}$$

گرانش نیوتون بین نیروی ربایش F (بر حسب نیوتون) که بر دو جسم به جرم‌های m_1 و m_2 (بر حسب کیلوگرم) وارد می‌آید و فاصله‌ی d (بر حسب متر) میان مراکز این دو جسم، رابطه برقرار می‌کند. «ثابت گرانشی» G عددی بسیار کوچک (۱۱-۱۰ × ٦) و حاکی از آن است که گرانش نیروی بسیار ضعیف است.

گرانش عمومی خیلی چیزهای دیگر را به تفصیل توضیح داد: کشندهای اقیانوسی بر اثر کشش خورشید و ماه پدید می‌آیند؛ شکل زمین؛ حرکت‌های پیچیده‌ی اقمار سیارات؛ «تقدیم اعتدالین»[1] ــ که الگوی آسمان شب را طی هزاران سال تغییر می‌دهد. تمامی این‌ها و پدیده‌هایی بس بیشتر عناصر نظام جهان هستی به‌شمار می‌آمدند. فقط در یک نکته نیوتون غفلت کرد. وی نتوانست خود گرانش را توضیح دهد. گرانش فقط عبارت بود از همین. ◄◄ ۱۷۰۱

جان لاک: جهان هستی پیرو اصالت تجربه

۱۶۸۹ جان لاک، فیلسوف انگلیسی، چندان ادعای دانشمند بودن نداشت. تحصیلات خود را در طب گذرانده و مدتی هم در مقام طبیب کار کرده بود، هرچند که در این حوزه دست به پژوهش و تحقیق نزده بود. از اوان نوجوانی سوابق وضع آب و هوا، یعنی دما، فشار، رطوبت را تا آنجا که فناوری خام و ابتدایی آن روز اجازه‌ی این کار را می‌داد، ثبت می‌کرد. برخی از این اطلاعات در صورت جلسه‌ی *مذاکرات فلسفی* انجمن سلطنتی، که لاک هم عضو آن بود، منتشر شد. جایگاه لاک در تاریخ علم از کتاب وی تحت عنوان *رساله در باب فهم انسانی* ناشی می‌شود. وی در این کتاب چگونگی کسب اطلاعات درباره‌ی جهان به وسیله‌ی انسان را می‌کاود. پاسخ وی به این موضوع با روحیه‌ی گسترنده و رو به شکوفایی جستار علمی، بخصوص در انگلستان، چنان که از فرانسیس بیکن تکوین یافته بود، به خوبی هماهنگ و منطبق بود. به نظر وی شناخت و دانش فقط از آزمایش و تجربه و از تأمل در خصوص این تجربه به دست می‌آید. این فلسفه‌ی «تجربه‌گرایی»[2] با دیدگاه‌های «خردگرایانه»[3]ی

1. Precession of the equinoxes
2. empiricism
3. rationalist

فیلسوفان فرانسوی چون دکارت در تعارض بود. به نظر این فیلسوفان برخی ایده‌ها و آرا درباره‌ی جهان هستی «پیشاتجربی یا استنباطی»[1]، و فطری ذهن و تفکر ماست.

عالَم لاک، همانند جهان نیوتون، نظامی مکانیکی متشکل از اجسام مادی بود که این‌ها نیز به نوبه‌ی خود از «ذرات» یا «اتم‌ها» ساخته می‌شدند. جهان هستی هر چه بیشتر به این منوال در سرتاسر طیف کامل علم مشاهده می‌شد: مانند ماشین، و هر چند هم که پیچیده بود، قابل فهم و قابل پیش‌بینی. چالشی واقعی با این دیدگاه مدت‌های درازی بعد از آن رخ نمود (**۱۹۳۷**).

کریستین هویگنس: نور موجی است

۱۶۹۰ وقتی کریستین هویگنس در سال ۱٦۸۹ برای ملاقات با نیوتون به انگلستان رفت از قبل به خاطر کارهایش در زمینه‌ی ساعت و تلسکوپ (**۱٦٥٦**) از نام و آوازه‌ای برخوردار بود. وی شاهکار نیوتون، *پرینکیپیا*، را بسی ستایش و تحسین می‌کرد هرچند که فکر می‌کرد نظر و عقیده‌ی نیوتون مبنی بر این‌که نیروی گرانش می‌تواند از فضای خالی (خلأ) عبور کند، «پوچ و بی‌معنی» است. هویگنس، در مقام یکی از پیروان دکارت (**۱٦٤٤**)، توضیح مکانیکی باورپذیرتری را طلب می‌کرد. با همه‌ی این احوال، کارهای هویگنس درباره‌ی نیروهای وارد بر هر جسم متحرک در مسیر دایره‌ای به نیوتون برای سروسامان دادن و نظم بخشیدن به ایده‌هایش بسی کمک کرد.

هرچند که بین نیوتون و هویگنس احترام متقابلی برقرار بود، اما آن‌ها در آن هنگام بر سر ماهیت نور نظر واحدی نداشتند. نیوتون ز قبل (در **۱٦۷۲**) «*نظریه‌ی ذره‌ای*» خود را توضیح داده بود: هر باریکه‌ی نور زنجیره‌ای از ذرات ریز است. وی این نظریه‌ی خود را در سال **۱۷۰٤** در کتابش به نام *اُپتیک* به تفصیل بیشتری بیان کرد. هویگنس سرنخ‌های خود را از اندیشه‌های دکارت، به احتمال قوی از فرانسیسکو گریمالدی (**۱٦٦٥**) یسوعی و از رابرت هوک، رقیب نیوتون، به دست آورده بود. هوک در کتاب خود، *میکروگرافیا* که در سال **۱٦٦٥** منتشر کرد، بر «نظریه‌ی موجی» اصرار ورزیده بود. به نظر وی نور عبارت بود از دنباله‌ی موجک‌ها، مانند امواجی که بر سطح استخر آب تشکیل می‌شد.

هویگنس وقتی به هلند بازگشت آرا و ایده‌های خود را که به مدت یک دهه در

---

1. a priori

ذهن خود مکتوم نگه داشته بود، به رشته‌ی تحریر درآورد. وی در کتابش *رساله‌ای در باب نور* که در سال ۱۶۹۰ انتشار یافت نشان داد که رویکرد «موجی» می‌تواند اکثر مباحث و مسائل راجع به نور را توضیح دهد: رنگ‌هایی که در یک لایه‌ی نازک روغن بر سطح آب دیده می‌شوند، بازتابش نور از آینه، شکست نور در هنگام عبور از عدسی‌ها و منشورها، پدیده‌ی نویافته‌ی «پراش» یا خم شدن نور در پیرامون اشیای کوچک. امواج آب، یا حرکت‌ها و امواجی مشابه آن، همه‌ی این پرسش‌ها را پاسخ می‌دادند، و از این رو نظریه‌ی موجی موّجه به نظر می‌رسید. روش‌های هویگنس در *اصل هویگنس* گنجیده‌اند، که هنوز هم آموزش داده و آموخته می‌شوند.

نظریه‌ی موجی چیزی را توضیح نمی‌داد، اما نظریه‌ی ذره‌ای نیوتون هم چیزی را تشریح نمی‌کرد. در واقع، نیوتون از قبل به برخی کمبودهایی پرداخته بود که مستلزم آن بود که ذرات وی امواجی را در محیطی تقریباً سّری و رازورانه تشکیل دهند که وی آن را «پُری یا همه‌جاباشی»[1] نامید: این مفهوم خویشاوند «ماده‌ی رقیق»[2] رنه دکارت فرانسوی (**١٦٤٤**) یا «اتر»ی بود که فیزیکدانان قرن نوزدهمی بیهوده در پی‌اش رفته بودند (**۱۸۸۷**).

هر کدام از این نظریه‌ها (ذره‌ای و موجی) نقاط قوت و ضعف خود را داشت. اما نیوتون، به اعتبار پرینکیپیا‌یش، نیوتون بود: متنفذترین دانشمند زمانه‌ی خود. دیدگاه‌هایش در خصوص اکثر چیزها، از جمله نور، عموماً غالب و چیره می‌شد. اما هیچکدام از دو طرف دعوا به پیروزی قاطع دست نیافتند. بعداً ملاحظه شد که نور و هر تابش دیگری را می‌توان به نحو سودبخشی، بسته به شرایط، ذره پنداشت و یا موج. این مناقشه و مباحثه قرار بود تا قرن بیستم ادامه یابد (۱۹۰۵).

اصل هویگنس

هر نقطه واقع بر مسیر یک موج پیش‌رونده («جبهه‌ی موج»)، که ممکن است خطی راست یا کمانی از دایره باشد، سرچشمه و منبع امواج ثانویه‌ای است که تداخل آن‌ها رفتار جبهه‌ی موج بعدی را تعیین می‌کند.

1. plenum
2. subtle matter

۱۷۵۰ - ۱۷۰۱

چشم‌انداز جهان در این دوره

سرآغاز و سپیده‌دمان قرن هجدهم اروپا بسی مانند پایان و غروب قرن هفدهم، همراه با یک رشته جنگ‌ها بود که اکثر کشورهای این قاره در آن درگیر شده بودند. اما این جنگ‌ها جنبه‌های مذهبی‌شان را وا نهاده و در جستجوی این‌که چه کسی باید بر کدام تخت بنشیند، دودمانی و سرزمینی بودند. جنگ‌ها و منازعات بر سر جانشینی بودند: جنگ جانشینی اسپانیا در ۱۷۰۲، جنگ جانشینی لهستان در ۱۷۳۳، جنگ جانشینی اتریش در سال ۱۷٤۰.

در این میان برنده و ذی‌نفع اصلی دولت ژرمنِ پروس بود؛ این دولت به قلمرو و منابعی دست یافت که بعداً آن را به هسته‌ی اصلیِ آلمان آتی، آنجا که کارهای بسیار مهم علمی باید انجام می‌شد، بدل کرد.

هنر و اندیشه

موسیقی در دستان آهنگسازان بزرگ سبک باروک، از جمله یوهان سباستیان باخ آلمانی (*کنسرتوهای براندنبورگ* ۱۷۲۱، *اوراتوریوهای کریسمس* ۱۷۳٤)، ژرژ فریدریش هندلِ انگلیسی- آلمانی (*مسیحا* ۱۷٤۱، *سرود آتش‌بازی‌های سلطنتی* ۱۷٤۹)، آنتونیو ویوالدی ایتالیایی (*چهارفصل* ۱۷۲۵) و کئورک تلمانِ آلمانیِ که به نحو حیرت‌انگیزی پُر کار بود. اپرای گدا اثر جان گِی در ۱۷۲۱ برای نخستین بار اجرا شد. نخستین پیانو در ۱۷۰۹ به دست بارتولومئو کریستوفوری ایتالیایی ساخته شد، که در آن به جای انگشتان، چکش‌ها سیم‌ها را به ارتعاش درمی‌آوردند. شیپور فرانسوی برای نخستین‌بار تقریباً در همین ایام در ارکسترها به کار گرفته شد.

نوشته‌های برجسته و به یاد ماندنی به قلم دانیل دفو (*رابینسون کروزوئه* ۱۷۱۸) و جاناتان سویفت/سوئیفت (*سفرهای گالیور* ۱۷۲٦) هر دو انگلیسی، انتشار یافت.

نامه‌های ایرانی شار دو مونتسکیوی فرانسوی در سال ۱۷۲۱ انتشار یافت و نخستین ابزار آرمان‌های روشنگری به‌شمار می‌آمد. بنیامین فرانکلین آمریکایی نخستین *سالنامه‌ی ریچارد تهیدست*[1] را در سال ۱۷۳۲ منتشر کرد. نخستین رمان‌های شاخص، نوشته‌ی آنتوان پرودوی فرانسوی (*مانون لسکا*[2] ۱۷۳۱) و هنری فیلدینگ انگلیسی (*تام جونز* ۱۷٤۹). در سال ۱۷۰۲ *پیک روزانه*[3]، نخستین روزنامه‌ی جهان، در خیابان‌های لندن به مردم عرضه شد.

باله‌ی سلطنتی روسیه در سال ۱۷۳۸ در سن پترزبورگ بنیاد نهاده شد. کارلو گولدونی نمایشنامه‌نویس ایتالیایی کمدیِ کلاسیک خود، *خدمتکار و دو ارباب*، را در سال ۱۷٤٤ برای نخستین بار به صحنه آورد.

در حوزه‌ی معماری، باروک[4] به روکوکو[5] با تزئینات باشکوه و نقش‌های طومارمانندش تحول و تکوین یافت؛ چینی‌های سورِ فرانسوی و مبلمان چیپندیل[6] انگلیسی همان حال و هوا را در سایر محیط‌ها شکل دادند. نیکولا سالوی، پیکرتراش ایتالیایی، در سال ۱۷۳۲ کار روی فواره‌ی تروی مشهور شهر رم را آغاز کرد. سه سال بعد، ویلیام هوگارت انگلیسی کنده‌کاری‌های به یاد ماندنی خود، *پیشرفت ویک*، را حکاکی کرد.

ماشین طبیعت

هیچ چهره‌ای مانند آیزاک نیوتون که بر علم پنجاه سال پیشین (نیمه‌ی دوم قرن هفدهم) و لاووازیه که بر علم نیمه‌ی دوم قرن هجدهم (نیم قرن بعد از ۱۷۵۰)

1. Poor Richard's Almanac
2. Manon Lescaut
3. The Daily Courant

٤. baroque. سبکی در معماری و تزئین که نشانه‌های مشخص آن آزادی در طراحی، کثرت اشکال گوناگون، و درهم بودن شیوه‌ی ترکیب عناصر است. این سبک در اواخر قرن شانزدهم در ایتالیا به وجود آمد، و در قرن بعد در سراسر اروپا به اوج خود رسید. م

۵. rococo. سبکی در معماری، بخصوص در تزئینات داخلی، که در اوایل قرن هجدهم در زمان لویی پانزدهم در فرانسه به وجود آمد. این سبک از سبک باروک ناشی شده است. اما از آن ظریف‌تر است. اشکال صدف و طومار و گل در تزئینات اتاق‌ها و مبل‌ها به کار می‌رفت. م

6. chippendale

سلطه داشتند، بر حوزه‌ی علم اوایل قرن هجدهم چیره نبود. بسیاری از متفکران در بسیاری کشورها به اندیشیدن مشغول بودند؛ شاید ادموند هالی، این ستاره‌شناس همه‌فن حریف انگلیسی، به اعتبار مطالعاتش روی ستارگان دنباله‌دار، حرکت ستارگان و مغناطیس زمین، در میان آنان مرتبه‌ی نخست را دارا بود.

فیزیکدانان توجه خود را بر دما و الکتریسیته متمرکز کردند. دماسنج‌هایی با دقت فزاینده کشف گرمای نهان و گرمای ویژه را در نیمه‌ی بعدی این قرن ممکن کرد. با پدید آمدن دستگاه‌های هر چه کارآمدتر تولید الکتریسیته، وسیله‌هایی برای انتقال و ذخیره‌ی آن کشف شد، و ما به نخستین ایده‌های خود در خصوص ماهیت الکتریسیته دست یافتیم.

علم شیمی به دو وسیله‌ی جدید دست پیدا کرد، یکی بسیار ارزشمند و دیگری مانع و مزاحمی بر سر راه پیشرفت. ابداع راه‌هایی برای گردآوری گازها به منظور مطالعه و بررسی پیشرفت‌های پر دامنه‌ای را پس از ۱۷۵۰ امکان‌پذیر کرد؛ نظریه‌ی فلوژیستون[۱] سه نسل شیمیدانان را از پی بردن به ماهیت واقعی چیزها و مواد باز داشت. این پرسش که «چرا مواد شیمیایی برهم‌کنش دارند؟» مطرح شد اما بی‌پاسخ ماند. کارلوس لینه در زیست‌شناسی به شیوه‌ی فهرست‌برداری روش‌مند جهان زنده هدایت شد. استفان هیلز آزمایشگر، با بینش‌ها و بصیرت‌های اولیه‌اش در خصوص فیزیک و شیمی گیاهان و جانوران، چندان از قافله عقب نبود.

هم در مورد شکل و هم سن کره‌ی زمین مباحثه‌هایی پر دامنه در جریان بود. موضوع شکل زمین سرانجام با اقناع همگان فرو نشست، اما مبحث سن و عمر آن تازه آغاز شد. آن سوی کره‌ی زمین، چشم دوربین به تصور و تجسم وجود منظومه‌های شمسی دیگر علاوه بر منظومه‌ی شمسی خودمان دست زد. فیزیک و شیمی پیشروی خود را به درون حوزه‌ی زیست‌شناسی آغاز کردند. پژوهشگران توجه به گیاهان و جانوران را در زمان‌های گوناگون به عنوان نوعی ماشین یا در حکم جایگاه‌هایی برای واکنش‌های شیمیایی، هر چه ارزشمندتر یافتند.

شاید مهم‌ترین استنباط و برداشت جدید عبارت بود از «نیاز به اندازه‌گیری». علم

---

۱. phlogiston doctrine (یا نظریه‌ی فلوژیستیک). فرضیه‌ای قدیمی در باب احتراق. این نظریه را بشر، شیمیدان آلمانی، در اواخر قرن هفدهم عرضه کرد و شیمیدان دیگر آلمانی، شتال، آن را ترویج داد. بنا بر این نظریه، در هر جسم قابل اشتعال ماده‌ای بی‌رنگ، بی‌بو، بی‌طعم و بی‌وزن وجود دارد که همان فلوژیستون است که هنگام احتراق از آن خارج می‌شود. نظریه‌ی فلوژیستون تا زمان لاووازیه که برای نخستین بار چگونگی واقعی احتراق را روشن کرد، مقبول بود. م

با توجه دقیق و درست به پدیده‌ها پیشرفت می‌کند، نه صرفاً تشریح کلیات بلکه از طریق اندازه‌گیری جزئیات، و این امر مستلزم ابزار اندازه‌گیری مناسب است. از جمله‌ی چالش‌ها در آن دوران عبارت بود از یافتن جا و مکانمان بر روی کره‌ی زمین. مشکل عرض جغرافیایی حل شد؛ تا بعد از سال ۱۷۵۰ به مسئله‌ی طول جغرافیایی پاسخ داده نشد.

آیزاک نیوتون و دانیل فارنهایت: دماسنج‌های بهتر

۱۷۰۱ قرن هجدهم در علم عبارت بود از قرن اندازه‌گیری. پژوهشگران به اهمیت اندازه‌گیری و نیز مشاهده پی بردند و در نتیجه، ابزارآلات اندازه‌گیری به وجود آمد تا نیاز آن‌ها را پاسخ دهند.

مطالعه در زمینه‌ی گرما و دما این امر را به روشنی نشان می‌دهد. آیزاک نیوتون، بزرگ‌مرد علم در آن زمان، در این مورد نیز راه را نشان داد. وی در سال ۱۷۰۱ نخستین دماسنج عملی را ساخت. وی با نشان گذاشتن «نقاط ثابت» بر روی یک مقیاس روی سطح خارجی و در امتداد طول لوله‌ی شیشه‌ای تخلیه شده از هوا و هوابندی شده، دماسنج‌های موجود را تا حد زیادی بهبود بخشید (وی برای مایع درون لوله از روغن استفاده کرد، اما قبل از او از هوا، آب، الکل و جیوه بهره گرفته بودند). نیوتون دمای انجماد آب را نقطه‌ی ثابت پایینی و دمای بدن یا خون آدمی را، که تقریباً ثابت به نظر می‌رسید، نقطه‌ی ثابت بالایی انتخاب کرد. طول بین این دو نشانه یا نقطه‌ی ثابت را به «درجه‌های» مساوی تقسیم کرد.

تقریباً تا امروز نام دانیل فارنهایت پروسی‌تبار با اندازه‌گیری دما گره خورده است. وی در دماسنج‌های خود هم الکل و هم جیوه به کار برده است، اما از حدود سال ۱۷۱٤ کلاً جیوه را به کار گرفت زیرا با این فلز مایع می‌شد گستره‌ی بسیار وسیع‌تری از دماها را اندازه‌گیری کرد. وی برای تعیین «نقاط ثابت» دماسنج خود از مخلوط آب و یخ، یعنی یخی در حال ذوب، که در مقیاس او ۳۲ درجه را نشان می‌داد، و آب جوش (۲۱۲ درجه) استفاده کرد، که فاصله‌ی بین این دو نقطه به ۱۸۰ قسمت مساوی تقسیم می‌شد. روشن نیست که چرا وی چنین اعداد فاقد ظرافت و دور از سلیقه‌ای را برگزیده است[۱]، اما نقطه‌ی صفر بر مقیاس او بارها با پایین‌ترین دمایی که وی در

---

۱. در این مورد به کتاب *اینشتین به آرایشگرش چه گفت؟*، از همین ناشر و از همین مجموعه‌ی *قلمرو علم*، مراجعه کنید. م

آمستردام، محل سکونتش، آزمایش کرد، تعیین شده است.

فارنهایت از دماسنج‌های اصلاح شده و بهبود یافته‌اش برای تعیین و تثبیت کردن نقطه‌ی جوش مایعات گوناگون، که معتقد بود همگی ثابت‌اند، بهره‌گیری کرد. در دوره‌های بعدی مقیاس دمایی وی تقریباً به طور کلی جای خود را به مقیاس سلسیوس یا صد قسمتی (سانتی‌گراد) (**۱۷٤۲**) سپرد. اما در ایالات متحده‌ی آمریکا و در میان مردم سن و سال‌دار کشورهایی دیگر (از جمله انگلستان و کشورهای مشترک‌المنافع آن) کماکان به کار گرفته می‌شود. ◄◄ **نیوتون ۱۷۰٤**

گیوم آمونتون: امکان یک «صفر مطلق»

۱۷۰۲

گیوم آمونتون، مخترع تابناک فرانسوی در نوجوانی ناشنوا شد، اما آن را برای خود نقص و معلولیت تلقی نکرد. در عوض، این امر به او امکان داد که بدون آشفتگی خاطر و حواس‌پرتی تمامی توجه خود را بر علم و مطالعه‌اش معطوف کند. وی با برخورداری از زمینه‌هایی در فیزیک، مکانیک آسمانی، ریاضیات، و نیز طراحی، مساحی و نقشه‌برداری، و معماری، به عنوان کارمند دولت در یک رشته کارهای ساختمانی دولتی دست به کار شد.

ایده‌های درخشان و تابناک بسیاری از ذهنش تراوش کرد. از جمله‌ی آن‌ها می‌توان نوعی تلگراف نوری، که پیام‌ها را از طریق چشمک‌زنی یک نور درخشان ارسال می‌کرد و متصدی تلگراف با بهره‌گیری از یک تلسکوپ در ایستگاه بعدی در زنجیره‌ی پیام‌رسانی دریافت می‌کرد. وی این ایده را به پادشاه فرانسه عرضه کرد، اما هرگز پذیرفته نشد. وی ساعتی را که با قدرت آب کار می‌کرد، فشارسنجی که چون نیاز به ذخیره‌ی جیوه نداشت می‌شد آن را در دریا به کار گرفت، و وسیله‌ای را برای اندازه‌گیری میزان رطوبت هوا با بهره‌گیری از ماده‌ای که با جذب کردن یا رها کردن بخار آب منبسط و منقبض می‌شد، نیز ساخت.

آمونتون در ماجرای دماسنج دارای جایگاهی است: وی گرمایاب[1] پر از هوای ابتدایی را که گالیله در ۱۵۹۳ برای اندازه‌گیری اندازه‌ی گرمی و سردی اجسام ابداع کرده بود، بهبود بخشید. هوای درون لوله نه تنها به نسبت بالا و پایین رفتن دما بلکه با تغییرات فشار هوای بیرونی هم منبسط و منقبض می‌شد، اما آمونتون راهی را برای تصحیح و اصلاح آن یافت. در آن زمان، هیچ‌کس مقیاسی دمایی اختراع نکرده بود،

1. Thermoscope

و این وسیله برای اکثر کارهای علمی از دقت کافی برخوردار نبود، اما در سال ۱۷۰۲ آمونتون امکانی به دست آورد تا به کشف مهمی نایل آید: به شرط ثابت ماندن فشار خارجی، دمای جوش آب همواره ثابت می‌ماند.

وی به این نکته هم پی برد تا دقّتی که برای اندازه‌گیری می‌شد به کار بست هرگاه حجم گازی از طریق تنظیم کردن دما و نیز فشار ثابت نگه داشته شود، این دما و فشار به تدریج و گام به گام، همراه با هم بالا و پایین می‌روند. از این جا استنباط کرد که اگر دما به اندازه‌ی کافی افت می‌کرد، فشار تا حد صفر پایین می‌آمد. این نخستین اعلام و بیان این مفهوم بود که دمایی وجود دارد که به پایین‌تر از آن نمی‌توان رسید، یعنی همان «صفر مطلق». آمونتون ۱۵۰ سال از زمانه‌ی خود پیش‌تر بود (۱۸۴۸).

رفتار پیچیده‌ی قطب‌نمای عادی

۱۷۰۲ طی قرن‌ها استفاده‌ی رو به رشد قطب‌نمای مغناطیسی برای نشان دادن شمال، دریانوردان از اتکا بر نشانه‌های ساحلی و سرگردان شدنشان در امتداد شرق و غرب اقیانوس‌های ناشناخته، رهایی یافتند. اما آن مسافران و دریانوردان نشان دادند که قطب‌نما همیشه هم قابل اتکا و اعتماد نیست؛ عقربه‌ی آن معمولاً اندکی (و گاهی هم مقدار زیادی) انحراف به شرق یا غرب شمال واقعی را نسبت به موضع خورشید در هنگام ظهر (نیمروز) نشان می‌داد.

این «تغییرات عقربه‌ی قطب‌نما» نخستین بار به صورت نقشه‌ای در سال ۱۷۰۲ به وسیله‌ی ادموند هالی، ستاره‌شناس انگلیسی، با بهره‌گیری از اندازه‌گیری‌هایی که خودش در حین دریانوردی در اقیانوس اطلس به مدت دو سال در کشتی پانزده متری نیروی دریایی انگلیس، *پارامور*، انجام داده بود، انتشار یافت. در این ماجراجویی کشتی کوچک وی توانست از برخورد با کوه‌های یخ در مه بگریزد. دریانوردان با در دست داشتن چنین نقشه‌هایی می‌توانستند قرائت‌های قطب‌نمای خود را تصحیح کنند و از این رو به نحو قابل اطمینانی راه خود را در دریا پیدا کنند.

همان وقت یک مشکل دیگر پیش آمد. در سال ۱۶۳۵ هنری گلیبراند نشان داده بود که تغییرات مغناطیسی ثابت نیست بلکه با زمان به آهستگی تغییر می‌کند. از این رو این نقشه‌ها باید هر چند سالی یک بار دوباره ترسیم شوند تا اشتباهات و بی‌دقتی‌های فزاینده را تصحیح کنند. این امر امیدی را که هالی و سایرین به آن تغییرات مغناطیسی بسته بودند و فکر می‌کردند یک بار ترسیم آن می‌تواند محل کشتی

را نشان دهد، بر باد داد، بخصوص که حل مشکل طول جغرافیایی بسی دشوار از کار درآمده بود (**۱۷٦۵**).

یک مسئله‌ی دیگر هم وجود داشت. مغناطیس یا خاصیت آهنربایی زمین چگونه می‌توانست به این شیوه تغییر کند؟ آهنربای میله‌ای شکل چنین رفتاری را بروز نمی‌داد. هالی اظهار نظر کرد که زمین حاوی تعدادی لایه‌های جداگانه است، که هر کدام مستقلاً آهنربایی و دارای خاصیت مغناطیسی است. با چرخش آهسته‌ی این لایه‌ها نسبت به همدیگر، میدان مغناطیسی زمین دستخوش تغییر و دگرگونی می‌شود. این توضیح در جزئیات درست در نیامد اما مبدأ آن میدان مغناطیسی و تغییرات آن را به درستی در اعماق زمین قرار داد.

دشواری‌های دیگری در ۱۷۲٤ رخ نمود. جورج گراهام انگلیسی پی برد که عقربه‌ی قطب‌نما گاهی به مدتی حدود یک روز به اندازه‌ی زاویه‌ی کوچکی منحرف می‌شود، آنگاه به جای اولش برمی‌گردد. آندرس سلسیوس سوئدی، پایه‌گذار مقیاس دمایی مشهور (**۱۷٤۲**)، همزمان با گراهام که در لندن بود، چنین انحرافی را مشاهده کرد. بعداً پی بردند که چنین اثری فراگیر و جهان‌شمول است و آن را «توفان مغناطیسی» لقب دادند.

سلسیوس و شاگردانش دریافتند که چنین اختلاف‌های مغناطیسی در خلال بروز «شفق‌های شمالی»[1] پیش می‌آیند. این یافته با ایده‌ای پیوند خورد که هالی در سال ۱۷۱٦ پیش کشیده بود و بر پایه‌ی اظهارات وی این نمایش‌های نور طبیعی درخشان ناشی از برهم‌کنش «تراوش مغناطیسی» با میدان مغناطیسی زمین است. در اینجا نیز نظر هالی در جزئیات خطا، اما ایده‌ی بنیادی عمیق و بی‌عیب بود.

فرانسیس هوکسبی: تولید نور از الکتریسیته

۱۷۰۲

در سال **۱٦٦۳** اتو فون گریکه‌ی آلمانی نخستین «ماشین الکتریکی» را ساخته بود تا انرژی‌ای را که امروزه «الکتریسیته‌ی ساکن» می‌نامیم متمرکز و گردآوری کند. اما این فرانسیس هوکسبی، آزمایشگر انگلیسی، بود که ۵۰ سال بعد این امر را تحقق عملی بخشید. صورت‌های بعدی این ماشین از یک گوی شیشه تشکیل می‌شد برای این‌که کره‌ی گوگردی با دست‌های آزمایشگر مالیده و باردار شود.

هوکسبی در پی مشاهده و تأملات سال‌ها پیش خود، نخستین چراغ الکتریکی را

1. aurora

در سال ۱۷۰۲ ساخت. بنا بر گزارش‌های پیش‌تر از آن، جیوه در لوله‌ی فشارسنج در هنگامی که تکان داده شود جرقه‌های نور از خود گسیل می‌کند. هوکسبی کمی جیوه در یک لوله‌ی قابل درزگیری ریخت و مقداری از هوای داخل آن را تخلیه کرد. او لوله را از طریق اتصال به ماشین خود باردار کرد. بنا بر روایت خودش این لوله آنقدر نور بیرون داد که «برای خواندن حروف درشت در آن سوی اتاق» کفایت می‌کرد. این مشاهدات توجه و علاقه‌ای را برانگیخت تا معلوم کنند «الکتریسیته» چه کارهای دیگری را انجام می‌دهد. ◄◄ **۱۷۰۹**

آیزاک نیوتون: مرد دنیادیده

۱۷۰۴ آیزاک نیوتون، غول علمی انگلیسی، سرانجام کتاب/پتیک *(نورشناخت)* خود را در سال ۱۷۰٤، بیش از سی سال پس از انجام تحقیقات پیشگامانه‌اش در خصوص رفتار نور، منتشر کرد. علت این تأخیر به سال **۱٦۷۲** برمی‌گردد. در هنگام انتشار/پتیک (که نه به زبان لاتین بلکه به زبان انگلیسی نگاشته شده بود) نیوتون مردی پرآوازه و سرد و گرم چشیده بود. آن موقع تقریباً در ٦۰ سالگی انزوای دانشگاهی و تحقیقاتی در کمبریج را وا نهاد و مقام ریاست ضرابخانه‌ی سلطنتی را بر عهده گرفت، و در آنجا اصلاح نظام پولی را زیر نظر خود گرفت. این کار بسی مهم بود و او هم آن را جدی گرفت، هرچند که بسیاری از هم‌روزگارانش فکر می‌کردند این کار در برابر استعداد و ذکاوت او بسی بی‌ارزش است.

> *به نظرم می‌آید که مثل کودکی بوده‌ام که در ساحل مشغول بازیگوشی است، و خودم را گاهگاهی به یافتن شن‌های نرم‌تر و ماسه‌های زیباتر از شن و ماسه‌های معمول سرگرم کرده‌ام، در حالی که اقیانوس بی‌کرانه‌ی حقیقت، سراسر آکنده از ناشناخته‌ها و نادیدنی‌ها، در برابرم گسترده است.*
>
> آیزاک نیوتون

نیوتون دوران فعال علمی خود را نیز پشت سر نهاده بود. وی هنوز هم به برخی کارهای ریاضی می‌پرداخت، اما زمانش صرف عددشناسی[1]، الهیات و گاه‌شماری

۱. numerology. نوعی طالع‌بینی که به تأثیر اعداد در زندگی افراد باور دارد. م

وقایع کتاب مقدس، و تحقیق در حوزه‌ی کیمیاگری طی می‌شد. وی در حکم رئیس انجمن سلطنتی کماکان به عنوان یک نیروی قدرتمند در علم و سیاست و خط مشی خود باقی ماند، و این مقام را به مدت نزدیک به ربع قرن تا هنگام مرگش حفظ کرد. شایستگی وی با دریافت لقب شوالیه در ۱۷۰۵ تأیید و تثبیت شد که نخستین شخص در حوزه‌ی علم بود که به این افتخار نایل آمد، هرچند که احتمالاً بیشتر به خاطر کارهایش در ضرابخانه‌ی سلطنتی این عنوان را به وی بخشیده باشند.

وی کماکان تندخو و اهل جر و بحث باقی ماند. رابرت هوک دشمن دیرینه‌اش درگذشته بود، اما گوتفریت لایب‌نیتس باز هم ادعای نیوتون مبنی بر ابداع حساب دیفرانسیل و انتگرال را به چالش می‌کشید (**۱۷۱۶**)، و جان فلامستید، منجم سلطنتی، شکوه می‌کرد که نیوتون برخی داده‌های او (فلامستید) را بدون اجازه‌اش منتشر کرده است. این مناقشه‌ها و مشاجره‌ها بر پیرامون نیوتون تأثیر نهاد؛ حامیان فلامستید، چون استیفن گری (**۱۷۲۹**)، برای پذیرفته شدن در انجمن سلطنتی با دشواری مواجه شدند و روزگار سختی را طی کردند.

نیوتون هرگز ازدواج نکرد. خواهرزاده‌ی باهوش و زیبایش خانه‌اش را در لندن اداره می‌کرد. وقتی وی سرانجام در هشتاد و پنج سالگی درگذشت، با افتخار در صومعه‌ی وست مینستر به خاک سپرده شد. این هم برای نخستین بار بود که یک اهل علم در چنین مکانی به خاک سپرده می‌شد، در ضمن افتخاری برای بزرگ‌ترین دانشمند عصر خودش هم به حساب می‌آمد. الکساندر پوپ، شاعر بزرگ، چنین سرود:

طبیعت و قوانین طبیعت در سیاهی شب نهان بودند
خدا گفت «نیوتون باشد!»، و بر همه چیز پرتو روشنایی افکند.

ادموند هالی: برطرف کردن هراس از ستاره‌ی دنباله‌دار

۱۷۰۵ ظهور نامنتظر ستارگان دنباله‌دار در آسمان شب، از دوران باستان همواره بدشگون بوده است. ظاهراً ستاره‌ی دنباله‌داری بر فراز آسمان رم در شب پیش از به قتل رسیدن سزار ظاهر شده است. کسانی دیگر هم ظاهراً شنیده‌اند که در شب نبرد هیستینگز (بین نورمان‌ها و ساکسون‌ها، که فقط یک روز به درازا کشید و به پیروزی نورمان‌ها انجامید. م) و شب سقوط قسطنطنیه در ۱۴۵۲ این ستاره ظهور کرده است. کلمه‌ی «دنباله‌دار» به معنی «ستاره‌ی مودار» است و به گیسوی پشمالو و دنباله‌ی گُله‌گُله‌ای اشاره دارد که دنباله‌دارها هنگامی به وجود می‌آورند که به نزدیک

خورشید کشیده می‌شوند. اما می‌توانستند آن‌ها را «ستارگان شَر» هم لقب دهند، که منشأ «فاجعه‌های» جهان ما به‌شمار می‌آمد.

در سال ۱۷۰۵ ادموند هالی، ستاره‌شناس انگلیسی، نیشتر زدن به هراس از ستارگان دنباله‌دار را آغاز کرد. وی به کارهای آیزاک نیوتون، که *پرینکیپیای* وی تا حد زیادی به یُمن یاری‌های هالی انتشار یافت، نزدیک شد (**۱٦٨٤**). مسیر حرکت هر دنباله‌دار در فضا فقط بر پایه‌ی سه یا چهار مشاهده محاسبه شد. وقتی هالی مسیر دنباله‌دارهایی را جمع کرد که در سال‌های ١٤٥٢، ١٥٣١، ١٦٠٧ و ١٦٨٢ دیده شده بود، نتایج تقریباً یکسانی به دست آمد. وی جسورانه اظهار کرد که این نتایج در واقع رؤیت‌های شیء واحدی‌اند، که بنابر این در مسیری قابل پیش‌بینی‌اند که باید بار دیگر در سال ۱۷۵۹ مشاهده شود.

هالی در همان زمانی درگذشت که پیش‌بینی او تحقق پذیرفت، و مشهورترین ستاره‌ی دنباله‌دار اکنون نام او را به دوش می‌کشد. موضوع مهم‌تر این که، وی نشان داد که ستارگان دنباله‌دار صرفاً اجسامی بی‌روح در مدارهایی به دور خورشیدند، که از همان قانون‌هایی پیروی می‌کنند که بر حرکت سیارات حاکم‌اند. بنابراین، ظهور مجدد آن‌ها نه فراطبیعی بلکه قابل پیش‌بینی‌اند و از این رو نباید از آن‌ها بیم به دل راه داد. این‌که چنین جسمی روزی با زمین برخورد خواهد کرد و موجب ویرانی عظیمی خواهد شد موضوعی بود که ظاهراً هالی درباره‌اش تأمل و تفکر نکرد، هرچند که در پایان آن قرن (**۱۷۹٦**) پی‌یر لاپلاس فرانسوی در این خصوص به اندیشه پرداخت. ◀◀ ۱۷۱۸

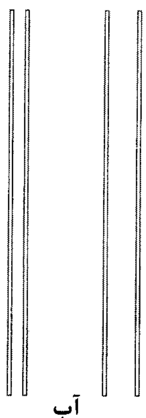
فرانسیس هوکسبی: قدرت موئینگی

۱۷۰۹ فرشی از الیاف نازک، مثلاً یک تکه پارچه، به سرعت خیسِ آب می‌شود. پیش از ابداع کاغذ خشک‌کن (یک مثال خوب دیگر)، جوهر روی اسناد و مدارک را با پاشیدن شن نرم خشک می‌کردند، که جوهر به داخل فضاهای ریز بین دانه‌ها کشیده می‌شد. چرا این اتفاق می‌افتد؟ این شبیه مکیدن مایع با نی به داخل دهان نیست، کار بسیار جالبی که به کمک فشار هوا امکان‌پذیر می‌شد (**١٦٤٣**). «عمل یا کنش موئینگی» می‌تواند در خلأ، بدون وجود هوا، رخ دهد. عامل دیگری هم باید در کار باشد.

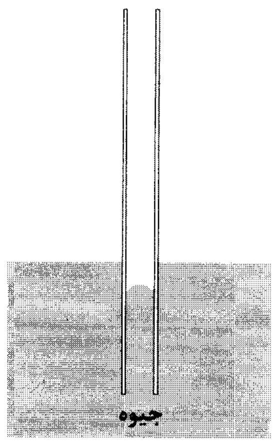
در سال ۱۷۰۹ فرانسیس هوکسبی، پژوهشگر انگلیسی، که ذهنش هم کاملاً مشغول «الکتریک‌ها» بود (**۱۷۰۲**)، توضیحی را ارائه داد که با ایده‌های جدید آن

زمان‌ها مناسب و هماهنگ بود. تصور می‌شد که ماده از ذرات ریز بی‌شماری («اتم‌ها» یا «تنیزه‌ها») ساخته می‌شود. این ذرات از طریق نیروهایی که فقط در فواصل کوتاه عمل می‌کردند یکدیگر را به سوی یکدیگر می‌کشیدند، برعکس کشش «گرانشی»، که دست‌کم در محدوده‌ی منظومه‌ی شمسی و شاید هم فراتر از آن کارآیی داشت.

هوکسبی ایده‌های خود را در کتابش تحت عنوان *آزمایش‌های فیزیکی- مکانیکی در موضوع‌های گوناگون*[1] مطرح و منتشر کرد. ذرات جداره‌های یک لوله بر ذرات داخل مایع کشش وارد می‌آورند، و آن‌ها را در قبال کشش گرانشی به نظم درمی‌آورند. این نیروها فقط در اطراف لبه‌ی مایع در جایی عمل می‌کنند که با جداره‌ی لوله تماس پیدا می‌کنند، از این رو هرچه لوله پهن‌تر باشد، مایع به پشتیبانی بیشتری نیاز خواهد داشت. از این رو مایعات در لوله‌های باریک بیشتر بالا می‌روند تا در لوله‌های پهن‌تر و قطورتر، و هر چه سطح مایع بالاتر باشد در وسط بیشتر شکم می‌دهد («سطح هلالی» می‌سازد).



آب در لوله‌ی باریک‌تر بالاتر می‌رود. «سطح هلالی» به سوی پایین خمیده می‌شود



تراز جیوه در لوله‌ی باریک. «سطح هلالی» به سوی بالا خمیده می‌شود

فرانسیس هوکسبی، طی مطالعاتش در خصوص عمل موئینگی، پی برد که آب در لوله‌ی باریک‌تر بیشتر بالا می‌رود تا در لوله‌ی پهن‌تر. سطح بالاتر آب در لوله («سطح هلالی») در وسط در پایین‌ترین نقطه است. جیوه رفتار متفاوتی دارد، زیرا ذرات جیوه با قدرت بیشتری یکدیگر را می‌ربایند تا نیرویی که با آن جداره‌های لوله آن‌ها را جذب می‌کنند.

1. *Physico-Mechanical Experiments on Various Subjects*

اثر موئینگی (واژه‌ی «موئینگی» از کلمه‌ای لاتین به معنای «مو» مشتق شده است) مایعات را به داخل هر ماده‌ای با سوراخ‌های ریز در داخلش می‌کشد و از این‌رو نیرویی قدرتمند در طبیعت به‌شمار می‌آید. این نیرو، مثلاً، «بالا رفتن رطوبت» را توضیح می‌دهد. در «عمل تعریق» (**۱۷۳۳**)، آب موجود در خاک می‌تواند تا نوک درختان با ارتفاع ۵۰ متر بالاتر از سطح زمین از طریق لوله‌های فوق‌العاده ریز («آوند چوبی») در ریشه‌ها و ساقه‌ها، بالا بکشد.

نیروهایی که این اثر را راه می‌اندازند مطالب خیلی بیشتری را توضیح می‌دهند. ذرات داخل مایع به یکدیگر و نیز بر سطح پیرامونی نیروی کششی وارد می‌آورند، و نتیجه به این بستگی دارد که کدام نیروی کششی (ربایشی) قوی‌تر است. اگر نیروی کشش بین ذرات («کشش سطحی») چیره شود، به نظر می‌رسد مایع دیواره را می‌راند. آب بر روی یک سطح چرب این کار را انجام می‌دهد، و به همین ترتیب است در مورد جیوه. به همین علت است که سطح هلالی در جیوه در وسطش به سوی بالا منحنی می‌شود، و نه به سوی پایین، و جیوه در لوله‌ی موئین به پایین کشیده می‌شود، و نه به سوی بالا.

لایب‌نیتس در برابر نیوتون

۱۷۱۶ حیات دانشمند تابناک آلمانی، گوتفریت لایب‌نیتس، با زندگی آیزاک نیوتون انگلیسی چندین بار تصادم و برخورد پیدا کرد. هر یک از این دو، در اوایل زندگی کاریشان مستقلاً قالب ریاضیاتی جدید قدرتمندی را ابداع کرد که امروزه حساب دیفرانسیل و انتگرال (حسابان) نامیده می‌شود. هرچند که رویکردها و راه و روش‌های مختلفی را در نگاشتن آن در پیش گرفتند. بر سر این‌که کدام‌یک از این دو چه مبحثی را کشف کرد تا هنگام مرگ لایب‌نیتس در ۱۷۱٦ کماکان تداوم داشت.

لایب‌نیتس نسبت به بینش بزرگ مقیاس نیوتون به جهان هستی در کتابش، *پرینکیپیا* (**۱٦۸٦-۱٦۸۷**) نیز ایرادهایی ابراز می‌کرد. در نزد نیوتون، جهان هستی یک ماشین بزرگ است، که فقط نیروهایی چون گرانش آن را مهار و کنترل می‌کنند. با این حال وی آن را ناپایدار می‌پنداشت، که آماده‌ی فرو ریختن یا دور شدن از یکدیگر است تا این‌که با دخالت مستقیم خداوند به نحو منظمی تصحیح شود. لایب‌نیتس چنین عالم ناقصی را به عنوان چیزی دور از شأن خالق آن رد کرد، و استدلال آورد که همین‌که جهان هستی را به طور کامل درک کردیم، پی خواهیم برد که به اندیشه‌گری همیشگی

با دستان الهی نیازی ندارد. بیشتر از یک قرن طول کشید تا پی‌یر لاپلاس (۱۷۹۶)، نابغه‌ی فرانسوی نشان دهد که منظومه‌ی شمسی در واقع در بستر زمان پایدار است، از این‌رو آن پاسخ مشهورش را در پاسخ پرسش ناپلئون که پرسیده بود چرا خدا در محاسبات او جلوه‌گر نمی‌شود، ابراز داشت: «من به آن فرض نیازی ندارم».

چالش دیگر لایب‌نیتس پای‌فشاری نیوتون بر وجود فضا و زمان «مطلق» بود، که چه ماده‌ای در فضا وجود داشته باشد یا خیر یا رویدادهایی پیش آیند که گذر زمان را مشخص کنند، وجود دارد. نیوتون ادعا می‌کرد که حرکت تمامی اشیاء را می‌توان با این چارچوب مرجع ثابت مقایسه کرد، که در درون آن حتی خورشید کاملاً ثابت و بی‌حرکت نیست. در اینجا نیز رگه‌هایی از الهیات وجود داشت؛ نیوتون این فضا و زمان مطلق را «حِسگان پروردگار»[1] نامید.

لایب‌نیتس هیچ دلیلی بر ضرورت وجود آن نمی‌دید؛ دیگران، چون اسقف جورج بارکلی فیلسوف انگلیسی با نظر نیوتون موافق بودند. از نظر این افراد فضا صرفاً معیار آرایش و جدایی اشیاء، و زمان نظم و فاصله‌ی رویدادها بود، مانند تیک تاک‌های پی در پی ساعت و طلوع خورشید در هر روز. فقط «حرکت نسبی»، یعنی حرکت یک جسم نسبت به جسم دیگر قابل اندازه‌گیری بود. مناقشه بر سر فضا و زمان تا قرن بیستم ادامه یافت، که در ضمن آلبرت اینشتین و نظریه‌ی نسبیت خاص او (۱۹۰٤) هم در دل این مناقشه‌ها واقع شد.

ادموند هالی: ستارگان متحرک

۱۷۱۸ آیزاک نیوتون، در پرینکیپیایش در سال ۱٦۸۷ اظهار داشت، و در واقع اثبات کرد، که قوانین حرکت و گرانش آن‌طور که بر کره‌ی زمین می‌شناسیم تا آسمان‌ها هم امتداد می‌یابند و صادق‌اند. این قوانین بر خورشید، سیارات و اقمار آن‌ها، ستارگان دنباله‌دار ــ به طرز خلاصه کل «منظومه‌ی شمسی» ــ حاکم‌اند. این نگرش عبارت بود از «نظام جهان هستی» او.

اما درباره‌ی ستارگان ثابت فراسوی منظومه‌ی شمسی اوضاع از چه قرار است؟ آیا کشش گرانشی به آن‌ها هم می‌رسد. و در این صورت، چرا آن‌ها هم تحت تأثیر ربایش متقابل قرار نمی‌گرفتند؟ نیوتون به این پرسش‌ها پاسخی می‌داد: در نزد او در واقع ستارگان تحت تأثیر گرانش‌اند، اما چندان دورند که اثر گرانش (زمین) بر آن‌ها عملاً

1. Sensorium of God

چشم‌پوشیدنی است. از این رو موضع‌شان را نسبت به سایر ستارگان پیرامون‌شان حفظ می‌کردند.

این پاسخ توجه و علاقه‌ی همه را هم جلب نکرد. ادموند هالی، این «مرد ستاره‌ی دنباله‌دار» انگلیسی، که دو سال پیش از آن در ٦٢ سالگی به مقام ستاره‌شناس دوم سلطنتی منصوب شده بود موضع بسیاری از ستارگان در آسمان را با مواضع آن‌ها که در ۱۵۰۰ سال پیش‌تر بطلمیوس یونانی ثبت کرده بود، مقایسه کرد. وی پی برد که ظاهراً سه تا از این ستارگان نسبت به ستارگان هم‌جوارش حرکت کرده‌اند. این «حرکت خاصه»،[1] بنا بر استدلال او، اثبات این امر بود که ستارگان واقعاً و عملاً «ثابت» نیستند بلکه از اشیایی چون خورشید مستقل‌اند، که آزادانه در فضایی حرکت می‌کنند که فقط گرانش بر آن حاکم است. چشم‌انداز نوین جهان هستی داشت شکل می‌گرفت.

گئورک اشتال: میراث فلوژیستون

۱۷۲۳ این ایده که ماده‌ی معمولی حاوی یک «مایه‌ی سوزان و آتش‌گیر» است، که در هنگام سوختن چیزها رها می‌شود، به پیشینه‌ی یونانیان باستان می‌رسد. چهار «عنصر» ارسطو در کنار «هوا»، «آب» و «خاک» حاوی «آتش» هم بود. یان یاکوب بشر آلمانی این مفهوم را در اواخر قرن هفدهم احیا کرده، آن عنصر آتشگیر را فلوژیستون نامید که از واژه‌ای یونانی به معنی «سوختن» مشتق می‌شد. گئورک اشتال هم‌میهن بشر و طبیب دربار در کتابش، *مبانی شیمی*، که در سال ۱۷۲۳ انتشار یافت، این ایده را گسترش داد و اعتلا بخشید.

ایده‌ی یاد شده رایج و باب شد. به مدتی طولانی‌تر از ۵۰ سال، بسیاری از شیمیدان‌های اولیه، از جمله متفکران بزرگی چون ژوزف پریستلی و هنری کاوندیش، با بهره‌گیری از نظریه‌ی فلوژیستون آنچه را که در آزمایشگاه‌شان درباره‌ی ماده اتفاق می‌افتاد توضیح می‌دادند. مثلاً، وقتی سرب را به شدت حرارت می‌دادند پوشش یا اندود قرمز یا زردی به نام «کالکس»[2] در سطح آن تشکیل می‌شد. بنا بر این نظریه، این کالکس «سرب واقعی»، یعنی همان فلز خاکستری بود که آمیزه‌ی کالکس با

---

1. Proper motion

۲. Calx، اکسید فلزی پودرمانند که وقتی کانی یا سنگ فلزی را حرارت دهند بر جای می‌ماند. احتمالاً از واژه‌ی یونانی Khalix به معنای سنگ آهک گرفته شده است. م

فلوژیستون بود. گرما آن‌ها را از هم جدا می‌کرد.

ظاهراً این نظریه از جذب و گیرایی درونی و ذاتی برخوردار بوده است، زیرا در واقع با حقایق جفت و جور نمی‌شد. در قرن پیش از آن شیمیدان‌هایی چون رابرت بویل توجه کرده بودند که اگر فلزاتی چون قلع یا سرب به شدت داغ می‌شد و یک کالکس پدید می‌آمد (شاید در نتیجه‌ی از دست دادن فلوژیستون‌شان)، وزن فلز در پایان بیشتر از آغاز کار حرارت دادن بود. باید اذعان کرد که اندازه‌گیری‌ها خام‌دستانه و نادقیق بودند اما با همه‌ی این احوال باید آن اختلاف وزن را توضیح می‌دادند.

چگونه از دست دادن فلوژیستون ماده به افزایش وزن آن می‌انجامد؟ «هواداران نظریه‌ی فلوژیستون» یک پاسخ حاضر و آماده داشتند. فلوژیستون، مانند «آتش» ارسطو، اساساً سبک است و نه سنگین. دارای «وزن منفی» است؛ وقتی فرار می‌کرد، همه چیز سنگین‌تر می‌شد. این موضوع امروزه پوچ و بی‌معنی به نظر می‌رسد، اما شیمیدان‌های آن روزها آن را می‌پذیرفتند، و در نتیجه، شیمی در مدتی به درازای نزدیک به یک قرن عقب نگه داشته شد.

در درازمدت، چنین چاره‌جویی و نحوه‌ی برخورد خیال‌پردازانه‌ای فلوژیستون را نجات نداد. تا وقتی که حقایق بهتر شناخته شدند این نظریه در واقع اعتباری نداشت. با همه‌ی این احوال، موضوع کماکان به این منوال بود تا این‌که نبوغ آنتوان لاووازیه در اواخر آن قرن سرانجام فلوژیستون را در گور قرار داد و دفن کرد (**۱۷۷۵**).

هرمان بورهاوه: مشهورترین معلم طب

۱۷۲۴ وقتی هرمان بورهاوه‌ی جوان در دانشگاه لیدن هلند به تحصیل طب پرداخت، معمولاً مجبور می‌شد با استفاده از کتاب‌های کتابخانه خودآموزی کند، زیرا آموزش طب در آنجا بی‌رونق و ضعیف بود. پنجاه سال بعد که از آن دانشکده بازنشسته شد، لیدن مفتخر بود که یکی از مشهورترین مدارس طب اروپاست، و بورهاوه خودش محبوب‌ترین استادان آنجا به‌شمار می‌آمد. دانشجویان، از جمله پسران خاندان سلطنتی و اشراف، از تمامی قاره‌ی اروپا برای شرکت در جلسات درس او به آنجا می‌آمدند.

قسمت اعظم آوازه و کامیابی‌های او ناشی از بازگشت‌اش به روش‌های حکیم برجسته‌ی یونانی، هیپوکراتس، بود که دانشجویان را بر بالین بیمار حاضر می‌کرد به طوری که آنان می‌توانستند خودشان نشانه‌های بیماری را بررسی و برآورد کنند، و

سپس در صورت لزوم به اتاق تشریح برده می‌شدند. نامش، علاوه بر چیزهای دیگر، از طریق نشانگان بورهاوه[1] بر ذهن‌ها می‌آید، که عبارت است از گسیختگی مجرای غذا ناشی از استفراغ بر اثر پرخوری است. این عارضه باعث هلاکت دریاسالار بزرگ ملی شده بود.

علی‌رغم شهرت بورهاوه در علم طب که به عضویت‌اش در انجمن سلطنتی لندن و فرهنگستان علوم فرانسه منجر شده بود، عمده دلبستگی‌اش به علم شیمی بود و کتابش، عناصر شیمی، که در سال ۱۷۲٤ انتشار یافت موقعیت عمده‌ی وی به‌شمار می‌آید. این کتاب که به زبان‌های انگلیسی، فرانسه و آلمانی ترجمه شد نخستین کتاب درسی شیمی مدرن نام گرفته است. البته، این کتاب متعلق به دوران و زمانه‌ی خودش بود. در این کتاب کشف‌های ماندگاری پیش‌بینی شد که این مبحث را در شش یا هفت دهه‌ی بعدی دستخوش دگرگونی خارج از تصور کرد. تقریباً در همان زمان (**۱۷۲۳**)، گئورک اشتال آلمانی در کار تبلیغ و ترویج مفهوم فلوژیستون بود، نظریه‌ای که سرانجام (**۱۷۷۵**) تسلیم عملکرد شعار خود بورهاوه شد: «نشان بزرگ حقیقت سادگی است».

کتاب بورهاوه حاوی دستورالعمل و راه رسیدن او به استخراج بلورهای زردرنگ یک ماده به نام اوره از ادرار است. این دستورالعمل نخستین ترکیبی بود که تا آن هنگام به عنوان ماده‌ای که در درون بدن انسان تولید می شود، شناخته شده بود. پنجاه سال بعد، پی بردند که اوره است که وقتی گرم می‌شود بوی تندی متصاعد می‌کند. پنجاه سال دیگر هم بعد از آن گذشت (۱۸۲۸) که اوره را به صورت مصنوعی و سنتزی تهیه کردند، که بین قلمروهای جاندار و بی‌جان طبیعت رابطه‌ای تنگاتنگ برقرار می‌کند.

ستاره‌شناسان ستارگان را می‌شمارند

۱۷۲۵ واژه‌ی یونانی ستاره‌شناسی (astronomy) به معنای «اندازه‌گیری ستارگان» است، و قسمت اعظم وقت و تلاش صرف شمردن و فهرست کردن ستارگان شده است. به همت رصدگران سخت‌کوش و به کمک ابزار و آلات بهتر، در قرن هجدهم تعداد ستارگانی که مواضع آن‌ها با دقت تعیین شد به سرعت رو به فزونی نهاد. در سال ۱۷۲۵ فهرستی متشکل از ۳۰۰۰ ستاره که به دست جان فلامستید،

1. Boerhaave›s Syndrome

منجم سلطنتی، تدوین و تألیف شده بود، پس از مرگش انتشار یافت. جانشین وی، جیمز برادلی، که ضمن کارهای دیگر سرعت نور را هم اندازه گرفت (**۱۷۲۹**)، ۳۰۰۰ ستاره‌ی دیگر به آن فهرست افزود. نیکولاس لاکای فرانسوی در کاتالوگ خود که در ۱۷۵۰ انتشار یافت ده هزار ستاره را به دقت فهرست و نقشه‌ی آن‌ها را ترسیم کرده بود. برادلی از این هم فراتر رفت و تعداد شگفت‌آور شصت هزار ستاره را فهرست کرد که در سال ۱۷٦۲ منتشر کرد، که ده برابر ستارگانی‌اند که با چشم غیرمسلح قابل مشاهده‌اند.

شناخت ستارگان به تدریج دامن می‌گسترانید. در سال **۱۷۱۸** ادموند هالی [ستاره‌شناس دوم سلطنتی] دریافته بود که برخی ستارگان به اصطلاح ثابت نسبت به یکدیگر حرکت می‌کنند. در سال ۱۷۸۳، ویلیام هرشل، یک انگلیسی آلمانی‌تبار و کاشف سیاره‌ی جدید اورانوس در سال **۱۷۸۱**، پی برد که تمام ستارگان در حرکت‌اند، یا چنین به نظر می‌رسد، که از نقطه‌ای در صورت فلکی جاثی (هرکولس) دور می‌شوند. این یک خطای حسی و توهم بود: این خورشید ما بود که حرکت می‌کرد، و زمین را همراه با خودش در همان جهت در فضا با خودش حمل می‌کرد. تمام ستارگان از قرار معلوم به همان طریق حرکت می‌کردند؛ خورشید، چیز خاص و استثنایی نیست. اکنون چیزی به عنوان یک ستاره‌ی «ثابت» وجود نداشت.

نوع دیگری حرکت ستاره‌ای آشکار شد. بسیاری از ستارگان در خط دید نزدیک‌تر به یکدیگر قرار می‌گرفتند نسبت به آن که به طور اتفاقی انتظارش را داشتند. جان میشل انگلیسی همه‌فن حریف (**۱۷۸۳**) ادعا کرد که این نوعِ هم‌خطی (قرار گرفتن ستارگان در یک خط دید) اتفاقی نیست، بلکه دو ستاره عملاً به هم نزدیک‌اند. این دو ستاره یک «ستاره‌ی مزدوج» را از طریق ربایش متقابل‌شان تشکیل می‌دهند. در اینجا نیز بار دیگر هرشل جلو افتاد و گوی سبقت را از دیگران ربود. وی با رصد و مشاهدات دقیق در طی سالیان دراز، پی برد که این دو ستاره در بسیاری از چنین اجتماعات ستاره‌ای در واقع یکدیگر را دور می‌زنند. قوانین حرکت سیاره‌ای کپلر (**۱٦۰۹**)، که حرکت سیارات و اقمار را در منظومه‌ی شمسی توضیح می‌داد، در مورد حرکت این ستارگان مزدوج نیز صادق بود، که نشان می‌داد همان نیروی گرانشی بر آن‌ها حاکم است.

یکی از این ستارگان مزدوج عبارت است از رأس الغول[1] (**۱٦۰٤**). تغییرات سریع

---

1. Algol (Demon Star)

درخشندگی آن، که دست‌کم به مدت یک قرن رؤیت شده بود، ناشی از ستاره‌ی درخشان‌تر این زوج نگریسته شد که همدم تیره‌تر و کم‌نورترش در حین گذشتن از مقابلش، آن را در کسوف و سایه‌ی خود فرو می‌برد. یکی دیگر از راز و رمزهای افلاک توضیح داده شده بود.

یافتن غذا برای گیاهان

۱۷۲۷ گیاهان چه می‌خورند؟ آن‌ها هم مانند حیوانات رشد می‌کنند و تکامل می‌یابند و از این رو باید به منبعی از مواد غذایی و خوراک دسترسی داشته باشند. یان فون هلموت، پزشک هلندی، در سال **١٦٤٤** نشان داده بود که آب همه‌ی آن چیزی است که گیاه نیاز دارد. وی به گیاهی در حال رشد به مدت پنج سال چیزی جز آب نداده بود. اما وی میزان مصرف آب را برای آن گیاه اندازه‌گیری نکرده بود.

جان وودوارد، پزشک و محقق انگلیسی، همین کار را ادامه داد اما حساب مصرف آب را نگه داشت. وی گیاهانش را به جای خاک در آب کشت کرد و هر روز به آن آب مقداری آب که به دقت اندازه‌گیری کرده بود، افزود. نتایج چشمگیر بودند. مقدار آب اضافه شده در هر سه ماه بسیار بیشتر از افزایش وزن گیاه بود. به نظر می‌رسید که قسمت عمده‌ای از این آب از گیاه عبور کرده و کار مفیدی انجام نداده است.

کاملاً هم این‌طور نبود. اگر، چنان که وودوارد فکر می‌کرد، غذای واقعی گیاهان در خاک بود، آب برای بردن مواد غذایی از ریشه به ساقه و برگ‌ها ضروری می‌بود. اما در آزمایش فون هلمونت، وزن خاک تقریباً تغییری نمی‌کرد در حالی که بر جرم گیاه افزوده می‌شد. به این ترتیب به نظر می‌رسد که نه خاک و نه آب سرچشمه و منبع غایی غذای گیاه به‌شمار نمی‌آمدند.

مارچلو مالپیگی ایتالیایی، کاشف مویرگ‌های خون‌رسانِ حیات‌بخش (**١٦٦١**)، در این زمینه اظهار نظرهایی کرده و حدس‌هایی زده بود. درختان اقلیم اروپایی در پاییز خزان می‌کردند و برگشان می‌افتاد، و هیچ بخشی از گیاه از آن پس رشد چشمگیری نمی‌کرد. فعالیت رشد در بهار آغاز می‌شود که در این فصل برگ‌ها بر درخت ظاهر می‌شوند و جوانه می‌زنند. بنابراین آیا برگ‌ها منبع غذای بقیه‌ی اجزای گیاه‌اند؟ مالپیگی از قطع نخستین برگ‌های یک جوانه‌ی کدو مسمایی گزارش داد. این گیاه از آن پس دیگر رشد نکرد، علی‌رغم این‌که به خاک و آب دسترسی داشت. این امر دلیل

و مدرکی قانع‌کننده نبود، اما ایده‌ی جدیدی را در ذهن‌ها جا انداخت.

در آن موقع دانسته شده بود که برگ‌ها را منفذهای ریز و ظریفی پوشانده‌اند که در زیر میکروسکوپ قابل رؤیت‌اند و می‌توانند گشوده و بسته شوند. نمینیا گروی انگلیسی (۱۶۸۲) از جمله‌ی کسانی بود که استدلال کرد این «روزنه‌ها» به هوا و رطوبت امکان می‌دهند که به برگ‌ها وارد یا از آن‌ها خارج شوند. کم و بیش تمامی آبی که وودوارد به گیاهانش رسانده بود از این راه ناپدید شده بود. آیا گیاهان هوا را هم از طریق این روزنه‌ها جذب می‌کردند و در خود می‌گنجانیدند؟

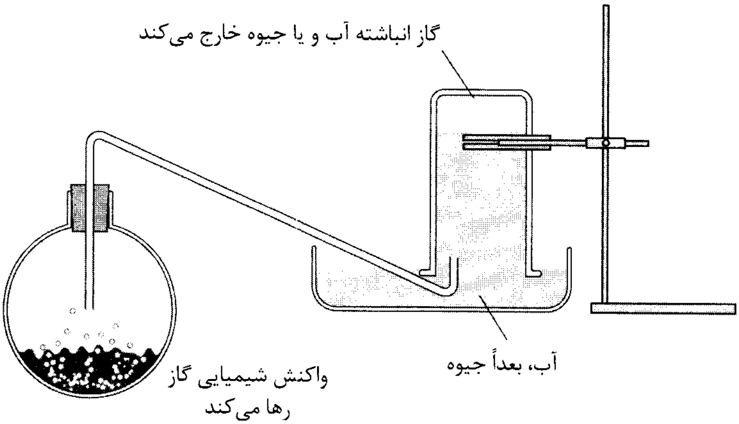
در سال ۱۷۲۷ استیون هیلز، روحانی انگلیسی، کتاب مشهور خود را که به آن عنوان *آمار گیاهی*[1] داده بود، منتشر کرد. وی در این کتاب از رشد یک گیاه در زیر سرپوش شیشه‌ای خبر داده که پی برده بود بخشی از هوای داخل سرپوش از بین رفته است. گویی بخشی از هوا را «ماده‌ی گیاه استنشاق کرده» بود. در اینجا نیز اندازه‌گیری خام‌دستانه و نادقیق بود اما حاکی از آن بود که هوا در مواد مغذی وجود دارد و در رشد گیاهان دخیل است. و سرنوشت چنان بود که ژوزف پریستلی در ۱۷۷۱ نشان دهد که همان‌گونه که گیاهان رشد می‌کنند در هوا هم تأثیر می‌گذارند.

استیون هیلز: چگونگی گرد آوردن گازها

۱۷۲۷

ارسطوی مقدس، در نگرش به طبیعت فقط به جامدات و مایعات توجه کرده بود، که اساساً آن چیزهایی بودند که می‌توانست آن‌ها را ببیند. پیروانش به مدت ۲۰۰۰ سال تقریباً همین نگاه را حفظ کردند و ادامه دادند. هوا و سایر «بخارات» نامرئی بودند و به آسانی از دیده پنهان می‌ماند. یان فون هلموت (۱٦٤٤) هلندی شکل‌های گوناگون «هوا» را یافته بود که برای آن‌ها نام «گاز» را برگزید، اما هنوز هم خیلی به حساب نمی‌آمدند. وقتی یک تکه چوب سوزانده و به خاکستر بسیار سبک‌تری بدل می‌شد، به بخارهایی که از آن متصاعد می‌شد چندان توجهی نمی‌کردند. وقتی قطعه آهنی زنگ می‌زد، سنگین‌تر می‌شد، اما علت این امر، بنا بر نظریه‌های آن روز، این بود که آهن «فلوژیستون» (که وزنش کم‌تر از هیچ بود) از دست داده است. به فکر هیچ کس نمی‌رسید که ممکن است این آهن چیزی را از داخل هوا و از هوا دریافت کرده باشد.

1. Vegetable Statiks



آلات و ابزار استیون هیلز نقطه‌ی آغاز شیمی مدرن به‌شمار می‌آمد. برای نخستین بار این امکان پیش آمد که گازهای رها شده از واکنش‌های شیمیایی گوناگون را گردآوری و آنگاه شناسایی و مطالعه کنند.

باید اذعان کرد که، پژوهشگران تا وقتی که راهی برای گردآوری «هواها» و «گازها» یافته نشد، نتوانستند به مطالعه‌ی واقعی و عملی آن‌ها بپردازند. استیون هیلز، روحانی انگلیسی، که به خاطر دیدگاه‌هایش در خصوص کارکردهای فیزیکی گیاهان و جانوران (۱۷۳۳) نامبردار بود، نخستین کسی است که این موضوع را در سال ۱۷۲۷ تشریح کرد و توضیح داد. وی از جوشیدن آب در یک بانکه‌ی شیشه‌ای دهن گشاد که پر از آب بود، حباب‌های گاز استخراج کرد، در حالی که آب بر اثر فشار هوا در جای خود نگه داشته شده بود. با گرد آمدن گاز، بر آب فشار وارد می‌آمد و آب وادار به خروج می‌شد، و سرانجام ظرف یا بانکه‌ی پر از گاز باقی می‌ماند که آن را وارونه قرار می‌دادند تا مطالعه‌اش کنند. این وسیله «ناوه‌ی بادی یا پنوماتیکی»[1] (برگرفته از کلمه‌ی یونانی به معنای هوا) بود و مطالعه و بررسی جزئیات گازهایی را که «انقلاب بادی یا پنوماتیکی»[2] لقب گرفته بود، و عنوانی مناسب برای پیشرفت عظیمی در شیمی به‌شمار می‌رفت، امکان‌پذیر کرد.

هیلز با گازهایی که گردآوری کرده بود چندان کاری انجام نداد؛ در واقع چندان چیزی با خواص متمایز شناخته نشد. این هوا، «گاز سیلوستر»ی که وان هلموت یافته

1. Pneumatic trough
2. Pneumatic revolution

بود (و باید از نو به وسیله‌ی ژوزف بلاک در **۱۷۵٤** مورد مطالعه قرار گیرد)، که هنوز هم فکر می‌کردند ماده‌ای یگانه و منحصر به فرد است، و یک «هوای آتشگیر» بودکه هیلز و جانشین‌اش رابرت بویل (**١٦٦١**) جوشیدن و غلیان تکه‌های آهن در داخل اسید را مشاهده کرده بودند. این دومی را، یعنی «هوای آتشگیر»، که اکنون آن را هیدروژن می‌نامیم، برای نخستین بار هنری کاوندیش (**١٧٦٦**) به طور جدی مورد مطالعه قرار داد. این یکی با آن «هوای» قابل انفجار (اکنون آن را متان می‌نامیم) که سبب اولیه‌ی مشکلات در معادن غال سنگ جدید بود، تفاوت داشت. اما فرایند کشفیات داشت شتاب می‌گرفت. در ظرف پنجاه سال تعدادی گاز مختلف شناسایی شدند و علم شیمی نوین می‌توانست گام‌های آغازین خود را بردارد. ◄◄ **۱۷۳۳**

بار دیگر سرعت نور

۱۷۲۹

جیمز برادلی، ستاره‌شناس سوم سلطنتی (وی در سال ۱۷٤۲ جانشین ادموند هالی شد)، ستاره‌شناسی فوق‌العاده ورزیده و شکیبا بود. وی با بهره‌گیری از توان تلسکوپ‌های زمانه‌ی خودش آثار ریزی با اهمیت بسیار زیاد را آشکار و کشف کرد. یکی از این آثار وی را به یافتن سرعت نور هدایت کرد، که یک بار قبلاً دان اوله رومرا (**١٦٧٦**) آن را محاسبه کرده بود.

برادلی در ضمن یک رشته مشاهدات دقیق و پر زحمت که از سال ۱۷۲۵ همراه با یکی از همکارانش انجام داد، ملاحظه کرد که در زمان‌های مختلف سال برخی ستارگان ظاهراً به میزانی جزئی از مواضع معمول خود جابه‌جا می‌شوند. وی برای این‌که نور این ستارگان بر تلسکوپش وارد آید، ناگزیر شد آن را به میزان بسیار ناچیزی از خط خارج کند. فرض کنید در یک روز بارانی بدون باد در قطاری نشسته‌اید. اگر قطار متوقف باشد، قطره‌های باران عمودی از کنار شیشه‌ی پنجره‌ی قطار فرود می‌آیند. هرگاه قطار شروع به حرکت کند، این قطره‌ها اندکی از مسیر خود خارج می‌شوند، و هر چه حرکت قطار سریع‌تر شود انحراف از مسیر قطره‌های باران بیشتر می‌شود.

برادلی اظهار داشت که جابه‌جایی جزئی که او مشاهده کرده وی را به مقایسه‌ی سرعت نور با سرعت حرکت زمین در مدارش به دور خورشید هدایت کرده است. وی از قبل سرعت زمین به دور خورشید را می‌دانست. اندازه‌گیری‌ها سرعت سیر نور را حدود ۳۰۰,۰۰۰ کیلومتر بر ثانیه به دست دادند، که از رقم رومر بسی دقیق‌تر بود. برادلی که یافته‌های خود را در سال ۱۷۲۹ منتشر کرد، این پدیده را «ابیراهی یا

کجراهی نور»[1] نامید. از اینجا نخستین دلیل و مدرک مستحکمی فراهم آمد مبنی بر این‌که زمین واقعاً به دور خورشید می‌گردد، به همان طریق که کوپرنیک ادعا و اعلام کرده بود (**۱۵٤۳**) و ستاره‌شناسان اکنون باور دارند.

یک بار که وی مشاهدات خود را نسبت به اثر ابیراهی تصحیح کرده بود، برخی اختلاف‌ها کماکان باقی مانده بود. پس از ۲۰ سال دیگر وی می‌توانست دلیل آن اختلاف‌ها را اعلام کند. محور چرخش زمین در فضا پایدار نمی‌ماند بلکه در ضمن یک چرخه‌ی ۱۹ ساله اندکی تکان (لَمبر) می‌خورد که آن را رقص محوری[2] نامیدند؛ این رقص محوری را ناشی از کشش گرانشی ماه دانستند.

برادلی امیدوار بود که چیز دیگری را بیابد: «اختلاف منظر ستاره‌ای»[3]. این تغییرات سالانه‌ی موضع ستارگان به جلو وعقب می‌بایست حاصل تغییر نقطه‌ی دید رصدگران بر روی زمین در حین گردش آن به دور زمین باشد. اما این امر او (و همه‌ی کسان دیگر در صد سال بعد) را گمراه کرد. اختلاف منظرِ حتی نزدیک‌ترین ستاره ظاهراً بسیار کوچک‌تر از آن بود که آشکارسازی شود، و این پدیده در واقع ستارگان را بسیار نزدیک به نظر می‌رساند.

استیون گری: هدایت الکتریسیته

۱۷۲۹ استیون گری، رنگرز و ستاره‌شناس آماتور و شناخته شده‌ی انگلیسی، عمدتاً خودآموخته بود. وی در طول حیات خود همواره ندار و بی‌پول بود. اما از برکت حامیان قدرتمندی، چون جان فلامستید ستاره‌شناس اول سلطنتی، برخوردار بود که مدتی برای او مستمری قرار داد و فراغتی برایش فراهم آورد تا به کارهای علمی بپردازد.

گری، در ضمن آزمایش روی یک «ماشین الکتریکی» (**۱۷۰۲**)، به کشف مهمی نایل آمد. «قابلیت الکتریکی» (که امروز آن را «بار» می‌گوییم) که قادر است اشیای سبکی چون مو و پر و ریزه‌های کاغذ را برباید و جذب کند، می‌تواند به وسیله‌ی میله‌های چوبی و سیم از این ماشین کَنده و منتقل شود. گری از تماشایی‌ترین نمایش خود، این «قابلیت» را بیشتر از ۲۵۰ متر در امتداد یک ریسمان کنفی ضخیم و اندکی نمناک انتقال داد.

---

1. Aberration of light
2. nutation
3. Stellar parallax

به این ترتیب، چنین ریسمانی یک «رسانا» بود (هرچند که گری چنین واژه‌ای را به کار نبرد). مواد دیگر که اجازه‌ی عبور نمی‌دادند، مانند شیشه یا نخ‌های ابریشم خشک (بدون رطوبت)، «عایق» نامیده می‌شدند. افزون بر این‌ها، گری پی برد که فقط عایق‌ها (نارساناها)یی چون کهربا و شیشه «الکتریک» می‌شوند، و می‌توانند با مالیدن‌شان بر پارچه باردار شوند. به نظر می‌رسید که رساناهایی چون فلزات نمی‌توانند باردار شوند. گری، پیش از آن‌که در فقر و تهیدستی از دنیا برود، به عضویت انجمن سلطنتی پذیرفته شد و نخستین کسی بود که نشان کوپلای انجمن را دریافت کرد. در آن هنگام، آیزاک نیوتون درگذشته بود و دیگر نمی‌توانست مانع هم‌پیمان‌های رقیبش، فلامستید، شود.

پیش‌تاریخ کارلوس لینایوس

۱۷۳۰ در سال ۱۷۳۰ کارل لینه، که آن موقع فقط ۲۳ سال داشت، به سمت استادیاری گیاه‌شناسی در دانشگاه اوپسالا برگمارده شد. این سرآغاز نامبردارترین پیشه برای سرزمین سوئد بود، که نام او را به عنوان کارل فون لینه (از هنگامی که سمت شوالیه‌ی شاه را یافت)، یا کارلوس لینایوس، زیرا کتاب‌هایش را به لاتین می‌نوشت، بر سر زبان‌ها انداخت. وی را عموماً با ابداع و طراحی سامانه‌ی جدید نامگذاری گیاهان و جانوران (به زبان تخصصی «رده‌بندی») می‌شناسند. «سیستم لینه‌ای» امروز هم کاربرد دارد، با اندک اصلاحات و اضافاتی که در آن به عمل آمده؛ اما این سیستم از هیچ هم ظهور نکرده است. آن‌گونه که خود لینایوس هم اذعان می‌کرد، بسیار کسان پیش از او در این راه گام برداشته بودند.

مثلاً، آندرئاس چزالپینو که پزشک شخصی پاپ کلمنت هفتم، و استاد طب در پیزا بود (احتمالاً به گالیله هم درس داده، چرا که گالیله در آن دوره دانشجوی طب بوده است). کتاب وی تحت عنوان *درباره‌ی گیاهان* در سال ۱۵۸۳ منتشر شد، و نخستین تلاش برای فهرست‌بندی و رده‌بندی گیاهان از زمان‌های باستان تا آن موقع، به حساب می‌آید. وی گیاهان را در سلسله مراتبی از ساده تا بسیار پیچیده مرتب کرد و آراست. این کار چندان پیچیده نبود اما یک سرآغاز بود.

چهل سال بعد از آن، در ۱۶۲۳، کاسپار بوئن گیاه‌شناس سویسی فهرستی (کاتالوگی) از ۶۰۰۰ گیاه تهیه کرد. وی به هر یک از آن‌ها یک نام دوگانه داد (و به این ترتیب یک «سامانه‌ی دو اسمی» را ابداع کرد). نام اول به نام «جنس» اختصاص

می‌یافت و برای گیاهانی بود که رابطه‌ی تنگاتنگی با هم دارند؛ دومی نام «گونه یا نوع» بود، که به تنهایی به گیاه تعلق داشت.

سهم بعدی را طبیعت‌شناس انگلیسی، جان ری، ایفا کرد (**١٦٦٠**). وی در کتابش *تاریخ گیاهان*، که از سال ١٦٨٦ به بعد در چهار جلد منتشر شد، گیاهان سرتاسر جهان را ملاحظه کرد و آن‌ها را از طریق نگریستن به مشخصه‌های مختلف بسیاری، گروه‌بندی کرد. تعریف او از گونه‌ها، که «هر کدام فقط نوع خودش را تولید می‌کند»، تا امروز کماکان معتبر است.

ری دو اسمی‌ها را هم برای گیاهان و هم جانوران به کار برد. نام‌های دو بخشی *Felis leo (شیر)*، *Felis tygris (ببر)*، و *Felis cattus (گربه‌ی خانگی)* نشان می‌دهند که بین این حیوانات رابطه‌ی تنگاتنگی برقرار است، اما نام گونه هر یک از آن‌ها را مجزا می‌کرد. سامانه‌ی رده‌بندی ری برای جانوران در سال ١٦٩٣ منتشر شد. در این سامانه از جنبه‌هایی چون تعداد دندان و پنجه استفاده می‌شد تا تعیین شود کدام حیوانات با هم رابطه‌ی نزدیکی دارند. ◄◄ **۱۷۵۳**

کجا هستم؟ (۱): مسئله‌ی عرض جغرافیایی

۱۷۳۱ در اوایل قرن هجدهم در اروپا، هیچ چالشی بزرگ‌تر از یاری رساندن به کشتی‌ها در دریا که مکان خود را بیابند، در برابر علم و بازرگانی قرار نداشت. اقبال و ثروت بستگی به ورود سالم محموله‌های مواد خام، کالاهای ساخته شده یا بردگان، و ناگفته پیداست که به حیات کارکنان کشتی‌ها، داشت. کشورهای ساحلی بزرگ، مانند بریتانیا و فرانسه، رصدخانه‌هایی ملی برپا داشته بودند تا بر این مشکلات چیره شوند.

بطلمیوس، جغرافیادان محترم و معزز یونانی را کوپرنیک و پیروانش به چالش کشیده بودند، اما «دستگاه مکان‌یابی جهانی» او در همه جا پذیرفته شده بود. هر نقطه‌ای بر روی کره‌ی زمین در محل تقاطع دو خط قرار داشت (بنابراین دستگاه)؛ یک خط موازی با عرض جغرافیایی که شرقی-غربی کشیده می‌شد با استوا همتراز و همخط بود، و یک نصف‌النهار طول جغرافیایی، از این قطب به آن قطب شمالی-جنوبی کشیده می‌شد. هرگاه خطوطی را بشناسید که روی آن قرار دارید، همان جاست که آن‌ها همدیگر را قطع می‌کنند.

یافتن عرض جغرافیایی کم‌تر دشوار بود. چون زمین عموماً کروی گرفته می‌شود،

با سفر از شمال یا جنوب دید شما از آسمان را تغییر می‌دهد. این امر بر میزان ارتفاع طلوع خورشید، ماه یا هر «ستاره‌ی ثابت» از فراز افق نسبت به شمال یا جنوب تأثیر می‌گذارد. به مدت قرن‌ها، ناخدایان ارتفاع خورشید را در نیمروز اندازه گرفته بودند، و به این ترتیب فاصله‌ی شمالی یا جنوبی خود از استوا را محاسبه کرده بودند. در سال ۱۷۰۱ آیزاک نیوتون پیشنهاد کرد که با ابزار مناسب، می‌توان همین ایده را برای هر ستاره‌ای که موضع آن دقیقاً شناخته و دانسته است، به کار گرفت. این یکی از انگیزه‌ها برای اقدامات کاتالوگ کردن (فهرست‌بندی) بزرگ ستارگان به‌شمار می‌آید (**۱۷۲۵**).

در روش‌های قدیمی (غالباً روی عرشه‌ی بلند) مستلزم حضور یک ناخدا بود تا یک چشم به خورشید یا ستاره و چشم دیگر به افق داشته باشد، و زاویه‌ی بین آن‌ها را اندازه بگیرد. در سال ۱۷۳٦ جان هادلی انگلیسی با استفاده از ابزاری با آینه‌های داخلی کار را آسان کرد. این آینه‌ها افق و شیء آسمانی را در خط دید یکسانی می‌آورد. نخستین انواع این ابزار می‌توانستند زاویه‌ها را تا ۹۰ درجه (یک «ربع دایره یا کوادرانت») یا ٤٥ درجه (یک «یک‌هشتم دایره یا اکتانت») اندازه بگیرند؛ بعداً وی آن را برای ٦۰ درجه (یک «سکستانت») هم تنظیم کرد. جان هادلی برادر بزرگ‌تر جورج هادلی بود، که شخص اخیر بعداً الگوی جهانی بادها را توضیح داد (**۱۷۳۵**).

یافتن عرض جغرافیایی مسئله‌ی دشواری بود، زیرا روش آسانی برای آن در دسترس نبود. راه حل نهایی برای این معضل را یک نجار اهل یورکشایر، جان هریسون، در سال **۱۷٦٥** ارائه داد که یکی از ابداعات بزرگ آن قرن به‌شمار می‌آید.

استیون هیلز: نیاز به اندازه‌گیری

۱۷۳۳ استیون هیلز، زاده‌ی کنت، روحانی بود و علاقه‌ی زیادی به علم داشت، مانند بسیاری از همگنانش در آن زمان. این امر جای شگفتی نیست؛ روحانیون معمولاً تحصیل کرده و فرهیخته بودند، وظایف کشیشی و معنوی غالباً برای آن‌ها وقت آزاد برای مشاهده و آزمایش فراهم می‌کرد، و به نظر می‌رسید مشاهده‌ی کارکردهای طبیعت راه مناسبی برای ستایش و حمد خداوند به عنوان خالق هستی است. هیلز در این راه گامی جلوتر برداشت. وی فکر می‌کرد که آفریدگار هستی در کارهایش بسی محتاط و دقیق بوده است، به گونه‌ای که او «دقیق‌ترین تناسبات در عدد و شماره، در وزن و در اندازه را در همه چیز مشاهده» کرده است. از این‌رو بهترین راه برای کسب بینش در کارکردهای طبیعت «شمردن، توزین و اندازه‌گیری» است.

هیلز در سال ۱۷۳۳ دیدگاه‌ها و فلسفه‌اش را در مطالعه‌ی جریان خون در انسان‌ها و سایر حیوانات به کار گرفت، چیزی که هرگز پیش از آن تلاشی در این زمینه نشده بود. وی در کتابش، *علم فیزیولوژی Haemastaticks* آزمایش‌هایی را برای اندازه‌گیری آهنگ جریان خون در رگ‌ها و شریان‌ها تشریح کرده است. وی فشار خون در اسب را با اتصال مستقیم یک وسیله‌ی اندازه‌گیری به شریان آن حیوان، اندازه گرفت. وی مشاهده کرد که چگونه فشار خون به تناسب تلاش و تحرک تغییر می‌کند، و محاسبه کرد که قلب در هر بار زدن چقدر خون را از خود بیرون می‌فرستد.

وی در کتابش *غذا برای گیاهان* (۱۷۲۷) به فیزیک گیاهان نگاهی انداخته و به یک معنا آن‌ها را به مثابه ماشین تلقی کرده است. این هم یک پیشگامی به حساب می‌آید؛ تا آن هنگام گیاهان قلمرو و حوزه‌ی مجموعه‌داران (گردآورندگان)، رده‌بندی‌کنندگان و جستجوگران گیاهان شفابخش بوده است. هلس آهنگ رشد ساقه‌ها و برگ‌ها و «نیروی ریشه» را اندازه گرفت که این یکی گیاه را در خاک نگه می‌دارد. وی حرکت آب از زمین به بافت‌های گیاه و خروج آن از منفذهای برگ‌ها را، که اکنون «تعرق و تعریق» گفته می‌شود، نیز مطالعه کرد. هیلز پذیرفت که «عمل موئینگی»، که آن را هم‌وطنش فرانسیس هاکسبی (۱۷۰۹)، آب را [در گیاه] به حرکت درمی‌آورد.

شارل دوفه و ژان نوله: نواختن با الکتریسیته

۱۷۳۳ تا دهه‌ی ۱۷۳۰ تازگی و نوظهوری الکتریسیته به سرگرمی و تفریح پردامنه‌ای در دربارها و اتاق‌های پذیرایی خانه‌های سراسر اروپا تبدیل شده بود. شارل دوفه‌ی فرانسوی، سرپرست باغ‌های سلطنتی ورسای، با دوستش ژان نوله‌ی کشیش، دوست داشت نمایش محبوب «پسرک پرنده» را به صحنه آورد. پسری نوجوان را با نخ‌های ابریشمی بر فراز کف صحنه آویزان و آن را با ماشین الکتریکی (۱۷۰۲) باردار کردند. پس از این کار آن پسر توانست اشیای سبکی را به سوی دستانش جذب کند و به کسانی که آن‌ها را لمس می‌کردند شوک (تکان) وارد آورد.

اما این کارها چیزهایی فراتر از سرگرمی و بازی بود. در سال ۱۷۳۳ دوفه و نوله گسترش مطالعه‌ی الکتریسیته را در کنار و همراه با این ادعا که دو شکل «جریان یا سیال الکتریکی» وجود دارد، انگیختند. یکی از این شکل‌ها وقتی تولید می‌شود که شیشه یا بلور به ابریشم مالش داده شود، که آن‌ها آن را الکتریسیته‌ی «شیشه‌ای»[1]

1. vitreous

نامیدند؛ شکل یا نوع دیگر «رزینی»[1] نامیده شد که ناشی از مالش کهربا و موادی دیگر (مانند کاغذ) با پارچه بود.

دوفه و نوله علاوه بر این پی بردند که این دو شکل الکتریسیته یکدیگر را می‌ربایند (جذب می‌کنند). دو شیء سبک باردارِ هم‌نام با هر یک از این دو شکل الکتریستیه یکدیگر را می‌ربایند (دفع می‌کنند)، در حالی که یک جسم با الکتریسیته‌ی شیشه‌ای جسم دیگری با الکتریسیته یا بار رزینی را می‌رباید. به این ترتیب بارهای هم‌نام یکدیگر را می‌رانند (دفع می‌کنند) و بارهای ناهمنام یکدیگر را می‌ربایند (جذب می‌کنند).

انتشار کتابی در سال ۱۷۵۳ به قلم بنیامین فرانکلین آمریکایی (**۱۷۵۱**) حاوی توضیح او درباره‌ی آزمایش‌هایی بود که در زمینه‌ی الکتریسیته انجام داده بود و غوغایی برپا کرد. آن‌طور که می‌گویند نوله نمی‌توانست باور کند که چنین کار پر کیفیتی در «دنیای جدید» انجام شده باشد. با همه‌ی این احوال، با نتایج آن موافقتی نداشت. به نظر فرانکلین فقط یک نوع الکتریسیته وجود داشت، نه آن‌طور که نوله در کتاب خودش که در همان سال منتشر شده بود، استدلال و ادعا کرده بود. نوله در تلاش برای روشن کردن ذهن فرانکلین آمریکایی یک رشته نامه‌های طول و دراز برای فرانکلین نوشت و بعداً هم آن‌ها را منتشر کرد.

نوله یکی از نخستین «رواج‌دهندگان» علم بود، کتاب‌هایی نوشت که همگان می‌توانستند مضمون آن‌ها را بفهمند. وی بعداً به سمت استادی فیزیک تجربی دانشگاه پاریس برگمارده شد (یک قرن پیش از آن چنین مقام و منصبی در همه‌ی دانشگاه‌های انگلستان برپا شده بود).

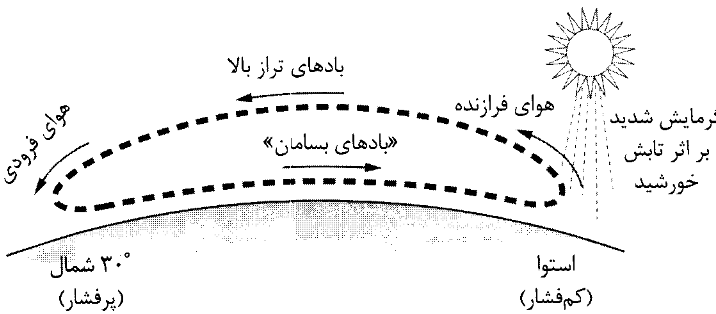
جورج هادلی: توضیح علت و چگونگی وزش بادها

۱۷۳۵

در حالی که کشتی‌ها از اروپا در جستجوی قلمرو، به قصد تجارت و به منظور چپاول و غارتگری با بی‌پروایی افزون‌تری پهنه‌ی اقیانوس‌های جهان را می‌پیمودند، دامنه‌ی فهم و درک و شناخت الگوی جهانی بادها گسترش می‌یافت. ادموند هالی ستاره‌شناس انگلیسی نخستین نقشه‌های بادهای جهان را ترسیم و نخستین توضیح آنچه را که موجب وزش آن‌ها می‌شود ارائه کرد (**۱۶۷۶**).

---

1. resinous



*کارکردهای یاخته‌ی هادلی بادها را در مدارگان سیاره‌ی ما به راه می‌اندازند. هوا که بر اثر تابش خورشید گرم شده در نزدیکی استوا بالا می‌رود، سرد می‌شود و چندین کیلومتر بالای سطح زمین به سوی شمال (و جنوب) جریان پیدا می‌کند. در عرض جغرافیایی ۳۰، این هوا دوباره پایین می‌آید و به سوی استوا درست بر فراز سطح زمین برمی‌گردد تا «بادهای بسامان یا تجاری» را تشکیل دهد. اگر کره‌ی زمین حول محورش نمی‌چرخید، بادها باید مستقیماً به سوی شمال و جنوب رهسپار می‌شدند. در واقع چرخش زمین آن‌ها را خم می‌کند به گونه‌ای که بادهای تجاری (بادهای بسامان) عمدتاً از شرق می‌آیند، و بادهای تراز فوقانی به بادهای باختری عرض‌های میانی (بادهای بسامان) تبدیل می‌شوند (**۱۸۳۵**).*

در سال ۱۷۳۵ جورج هادلی دانشمند انگلیسی سطح کار هالی را ارتقا بخشید. وی در توضیح این‌که چرا بادهای بسامان (تجاری) هرچه بادها به استوا نزدیک‌تر باشند به سوی غرب می‌وزند، نخستین مدرک جدی (اگر نه انحصاری) مبنی بر چرخش شبانه‌روزی یک بار زمین حول محورش را فراهم آورد. گالیله با اصرارش بر این‌که زمین حرکت می‌کند کلیسا را به خشم درآورد، اما وی در مورد ادعای خود برهان و دلیلی واقعی ارائه نداد (**۱۶۳۳**).

هادلی استدلال کرد که سطح کره‌ی زمین در استوا سریع‌تر از نواحی دورتر شمال یا جنوب حرکت می‌کند؛ زیرا نقطه‌ای واقع بر استوا باید مسافت طولانی‌تری را طی کند تا به نقطه‌ی آغاز حرکت خود در یک روز بعد بگردد. از این‌رو بادهایی که به سوی استوا می‌وزند بر اثر گردش زمین باید «عقب بمانند» و به نظر می‌رسد که به تدریج و رفته رفته از شرق وارد می‌شوند، یعنی همان حرکتی که بادهای تجاری (بسامان) انجام می‌دهند. این پدیده را بعداً اثر کوریولیس نامیدند (**۱۸۳۵**).

نام هادلی به اعتبار یاخته‌ی هادلی[1] گرامی داشته می‌شود، که بین بادهای تجاری در سطح زمین با بادهایی که چندین کیلومتر بالاتر بر فراز استوا می‌وزند ارتباط برقرار می‌کند. برای تلفیق کردن این دو جریان، هوای گرم از روی استوا بالا می‌رود، بر فراز سطح زمین جریان می‌یابد و وقتی در حدود عرض جغرافیایی ۳۰ درجه‌ی شمالی یا جنوبی سرد می‌شود، پایین می‌آید. هادلی می‌دانست که این بادهای ترازهای فوقانی باید وجود داشته باشند تا سامانه‌ی او را به کار اندازند، اما این بادها را تا یکصد سال بعد نتوانستند پیدا کنند.

زمین چه شکلی است؟

۱۷۳۶ به مدت ۲۰۰۰ سال مردم تصور می‌کردند که کره‌ی زمین کروی (شکلی چون تیله یا گوی شیشه‌ای) است. شکل سایه‌ی کره‌ی زمین که در خلال ماه‌گرفتگی (کسوف) بر ماه می‌افتاد نیز این گمان را به ذهن می‌آورد. اما آیا شکل زمین دقیقاً کروی بود؟ شاید بیشتر به تخم‌مرغ شباهت داشت، از شمال به جنوب اندکی درازتر (کشیده‌تر)، یا مانند کدوحلوایی، قطب‌هایش پخ شده بودند؟

از مشاهداتی که به کمک آونگ انجام دادند، سرنخ‌هایی به دست آمد. زمان دقیق سپری شده برای یک بار نوسان آونگی با طول معلوم، به کشش گرانشی بستگی دارد. در سال **۱۶۷۲**، ژان ریشتر در آمریکای جنوبی پی برد که یک آونگ متعارف (استاندارد) در آنجا خیلی کندتر می‌زند تا در پاریس، که حدس زدند کشش گرانشی در آنجا (پاریس) ضعیف‌تر است. البته، آیزاک نیوتون پاسخی فوری به این موضوع داد. وی در *پرینکیپیا* (**۱۶۸۶**) ادعا کرد که زمین در امتداد استوایش به علت چرخش حول محور خود به سوی بیرون باد کرده و برآمده است؛ بنابراین نقطه‌ای واقع بر سطح زمین در نزدیکی استوا از مرکز کره‌ی زمین دورتر و نیروی گرانش در آنجا ضعیف‌تر است.

حتی نیوتون نتوانست در این زمینه همگان را قانع کند. بخصوص در فرانسه، زمینی تخم‌مرغی شکل کماکان پر طرفدار باقی ماند. در آنجا تلاش برای اندازه‌گیری این طرف تا آن طرف کره‌ی زمین معادل با یک درجه‌ی عرض جغرافیایی ظاهراً به پاسخی انجامید که به سوی شمال پاریس بزرگ‌تر بود تا به سوی جنوب آن، همچنان که در مورد تخم‌مرغ هم این انتظار می‌رود.

1. Hadley cell

جا انداختن و قبولاندن این استدلال کار مهمی بود. سازماندهی و راه‌اندازی هیئت‌های تحقیقاتی به پرو و لاپلاند (سوئد) سال‌ها به درازا کشید؛ سفر به پرو یک دهه به درازا کشید و با مشقت‌ها و مشکلات زیادی همراه بود. در سال ۱۷۳۶ به پاسخ رسیدند. یک درجه عرض جغرافیایی در پرو مسافت بیشتری از سطح زمین را در بر می‌گرفت تا در لاپلاند. شکل زمین مثل یک کدوحلوایی بود؛ حق با نیوتون بود. بر این اساس، الکسیس کلودیو کلروی فرانسوی در سال ۱۷۴۳ به چگونگی محاسبه‌ی نیروی گرانش در هر نقطه از سطح کره‌ی زمین پی برد.

موضوع از این‌ها پیچیده‌تر است. نیوتون در مورد برآمدگی استوایی بحث کرده و دلیل آورده بود زیرا وی، و اکثر مردم از زمان کوپرنیک (**۱۵۴۳**) و گالیله (**۱۶۳۳**)، بر این باور بودند که زمین شبانه‌روزی یک بار به دور محور خود می‌چرخد. اما در آن زمان هیچکس برهانی محکم و واقعی برای این موضوع در دست نداشت و ارائه نکرد. اما اکنون که دانشمندان از برآمده بودن کره‌ی زمین اطمینان حاصل کرده بودند، تقریباً به همان میزان هم می‌توانستند اطمینان یابند که زمین حول محورش می‌چرخد، این امر هنوز اثبات نشده بود اما چیزی بیشتر از یک امر موجه و قابل قبول به نظر می‌رسید.

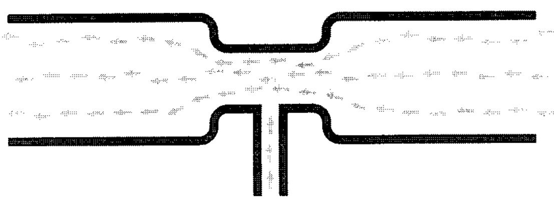
دانیل برنولی: سیالات متحرک (روان)

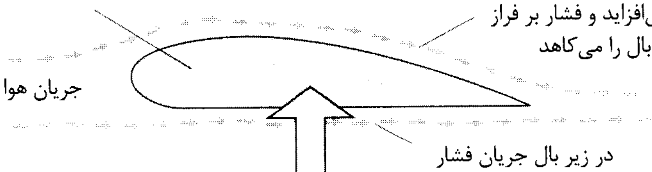
۱۷۳۸ دانیل برنولی از خانواده‌ای سویسی برخاست که همگی نابغه و برخوردار از استعداد درخشان بودند و در خلال بیشتر از سه نسل هشت ریاضیدان برجسته و تابناک به جامعه تحویل دادند. به ظن قوی دانیل برنولی در میان آنان از همه درخشان‌تر بود؛ پدرش یوهان چندان نسبت به استعدادهای او حسادت می‌ورزید که آن‌ها با هم قهر کردند و از یکدیگر پیوند گسیختند.

برنولی در حوزه‌ی هیدرودینامیک (دینامیک سیالات یا دینامیک شاره‌ها)، که با سیالات متحرک سروکار دارد، به کشفیات تابناک و چشمگیری دست یافت و آن‌ها را در سال ۱۷۳۸ منتشر کرد. «سیال» (یا شاره) عبارت است از چیزی که می‌تواند جریان یابد. از این رو جامدات را در بر نمی‌گیرد، اما گازهایی مانند هوا و مایعاتی چون آب را شامل می‌شود. در آن موقع به یمن کارهای سیمون استیون (**۱۵۸۶**) و بلز پاسکال (**۱۶۵۳**) می‌دانستیم که فشار سیال ساکن (که موضوع علم هیدروستاتیک است) به عمق یا ارتفاع ستونی از آن سیال بستگی دارد؛ هرچه به عمق بیشتری

برویم، فشار هم بیشتر می‌شود.

برنولی، با بهره‌گیری از قوانین حرکت نیوتون (١٦٨٦)، پی برد که فشار با حرکت سیال تغییر می‌کند. هر چه سرعت حرکت سیال بیشتر باشد، فشار آن بیشتر افت می‌کند. اصل برنولی را با کار جاروبرقی به آسانی می‌توان تجسم کرد و توضیح داد. رابطه‌ها و ترتیب کار کردن جاروبرقی را برعکس کنید تا هوا را به خارج بدمد. یک توپ پینگ پونگ بر جریان هوا معلق خواهد ماند، حتی اگر هم این توپ بر اثر جریان هوا به چرخش افتاده باشد. به نظر برنولی فشار هوا در جایی که هوا جریان دارد کم‌تر است، از این‌رو هوای بیرون از جریان باد همواره به درون جریان کشیده می‌شود و توپ پینگ پونگ را در جای خود نگه می‌دارد.





تلمبه (پمپ) ونتوری و «برگه‌ی هوابَر یا مقطع بال» در جلوه و نمایش قدرتمند و مفید اصل برنولی‌اند که بنا بر آن فشار سیال در هنگامی که سیال نامبرده حرکت می‌کند (جاری است) افت می‌کند.

اگر هوا یا آب در لوله‌ای جاری شود که باریک‌تر می‌شود، سرعت این سیال بیشتر می‌شود (در غیر این صورت سیال به عقب بر خواهد گشت). از این رو فشار در محل تنگ و در فشردگی افت می‌کند و آب یا هوا می‌تواند از خارج به داخل جریان راه پیدا کند. چنین تلمبه‌ی ونتوری (دهانه‌ی دو مخروطی) می‌تواند آب را از ته قایق زه‌کشی کند یا هوای خارج از فضاهای بسته را به بیرون براند. با یاری گرفتن از افت فشار می‌توان سرعت حرکت مایع (یا قایق) را اندازه‌گیری کرد. در کاربراتور اتومبیل، سرعت هوایی که با سرعت حرکت می‌کند بر فراز لوله‌ی حاوی بنزین کاهش می‌یابد. بخار بنزین در فشار کم‌تر سرعت بیشتری پیدا می‌کند و بخار به داخل جریان هوایی رانده می‌شود که به سوی سیلندرها جاری است.

اصل برنولی چگونگی قرار گرفتن هواپیما در هوا و نیفتادن آن را نیز توضیح می‌دهد. شکل بال‌های هواپیما هوا را بر فراز سطح بالایی بال سریع‌تر عبور می‌دهد و جاری می‌کند، و از این رو فشار بر روی (بر بالای) بال افت می‌کند. فشار در زیر بال تحت تأثیر عاملی قرار نمی‌گیرد و عدم تعادل و توازن شبیه به نیرویی است که به سوی بالا وارد می‌آید و قادر است وزن هواپیما را نگه دارد. وقتی پرواز می‌کنید، قطعاً مدیون برنولی هستید.

چه مدت از عمر زمین می‌گذرد (و چگونه می‌توانیم آن را بدانیم)؟

۱۷۴۰ سن و عمر کره‌ی زمین، یا حتی این‌که از ازل زمین وجود داشته (به اصطلاح، قدیم و حادث بودن زمین) است یا خیر، همواره محل منازعه و مناقشه بوده است. برخی یونانیان باستان فکر می‌کردند که سیاره‌ی ما، و جهان هستی که آن را فرا گرفته، همیشه وجود داشته، یعنی عمر آن نامتناهی و نامحدود است. اصحاب کلیسا، دست‌کم تا آنجا که به کره‌ی زمین مربوط می‌شود، نظر دیگری داشتند. آنان با جمع کردن سن و سال اسقف‌های اعظم اهل کتاب مقدس، و به کمک چند حدس و گمان دیگر، نتیجه گرفتند که زمین حدود ۴۰۰۰ سال پیش از مسیح آفریده شده است. به نظر می‌رسید که این پاسخ بسیاری از ستاره‌شناسان و سایر دانشمندان را که به کتاب مقدس اعتقاد داشتند، اکثر آنان هم چنین بودند، قانع کرده است.

ادموند هالی، ستاره‌شناس انگلیسی، یکی از کسانی بود که به گونه‌ای دیگر می‌اندیشید. وی استدلال کرد که اگر شوری آب دریا ناشی از ورود کانی‌هایی باشد که باران و سایر عوامل فرساینده‌ی دیگر آن‌ها را شسته و سپس از طریق رودها به

دریاها و اقیانوس‌ها سرازیر کرده، در این صورت باید زمانی بسیار طولانی‌تر از ۶۰۰۰ سال سپری شده باشد تا دریایی چون مدیترانه به صورت کنونی‌اش شور شده باشد. هنری گوتیه، مهندس فرانسوی، نیز نظری مشابه ابراز داشت: وی مقدار قطعه سنگ‌هایی را اندازه‌گیری کرد که رودخانه‌ها حمل کرده بودند، تا از این طریق آهنگ فرسایش سطح کره‌ی زمین را تعیین کند. نتیجه‌ی این کار نیز معلوم کرد کره‌ی زمین بسیار قدیمی و عمرش بسی طولانی است.

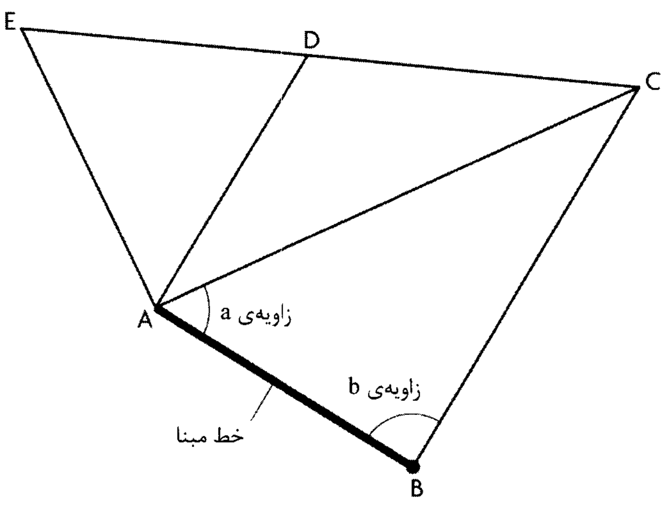
در سال ۱۷۴۰ کنت دوبوفون (**۱۷۴۹**) زمین‌شناس پیشگام و برجسته‌ی فرانسوی به این مناقشه پیوست. از نظر وی کره‌ی زمین زمانی گوی سنگی گداخته‌ای بوده که، شاید بر اثر برخورد شهاب‌سنگی با خورشید، از خورشید بیرون انداخته شده است. در این صورت، دست‌کم ۷۵۰۰۰ سال ــ شاید هم خیلی بیشتر ــ باید طول می‌کشید تا این گوی گداخته سرد شود. بوفن این حدس و نظر خود را پس از اندازه‌گیری آهنگ سرد شدن گلوله‌های بسیار داغ آهن اعلام کرد. کلیسا با محکوم کردن بوفن و مردود اعلام داشتن آرای او و سوزاندن کتاب‌هایش، به نظرهای وی پاسخ داد. این پاسخ به هیچ روی به این مباحثه و مناقشه پایان نداد، و تلاطم و جوش و خروش در این زمینه تا قرن نوزدهم (**۱۸۶۲**) و پس از آن نیز ادامه یافت.

خانواده‌ی کاسینی نقشه‌ی فرانسه را ترسیم می‌کند

۱۷۴۰ در حالی که ستاره‌شناسان رصدخانه‌های ملی عمده در پاریس، لندن و جاهای دیگر (**۱۶۶۹**) چشمان خود را بر آسمان دوخته بودند، پایشان بر زمین بود. فعالیت عمده‌ی آن زمان ناوبری ــ یافتن موضع و موقعیت کشتی‌ها در دریا ــ بود. اما با روش‌های مشابهی می‌توانستند مکان‌هایی را با دقت‌های یکسان بر خشکی تعیین کنند (حتی دقیق‌تر هم، زیرا زمین در خلال رصد و مشاهده حرکت نمی‌کرد). مکان مرزنماهای مهم که از طریق ستارگان تعیین شده بودند باید با روش‌های مساحی و نقشه‌برداری ترکیب می‌شد تا نقشه‌هایی تفصیلی و قابل اتکایی ترسیم و تهیه شوند که هم در زمان صلح و هم در هنگام جنگ وجودشان نقشی حیاتی بازی می‌کرد.

نخستین کشوری که در راه انجام این وظیفه‌ی شاق پای پیش نهاد و به تلاش برخاست، فرانسه بود. نخستین کسی که گام نخست را در این راه برداشت جووانی (ژان) کاسینی، نخستین مدیر ایتالیایی‌تبار رصدخانه‌ی پاریس، بود که فرزندان و اخلافش ــ چهار نسل از خاندان کاسینی طی یک قرن ــ علی‌رغم بروز جنگ‌ها

و سایر آشوب‌ها که منابع مالی و کمک‌ها را برای این کارها مرتباً قطع می‌کردند و می‌خشکاندند، کارش را ادامه دادند. نقطه‌ی آغاز این حرکت شبکه‌ی خط مبنایی (خط ترازی) بود که در امتداد شمال به جنوب از پاریس می‌گذشت، که مشاهدات و رصدهای نجومی دقیقاً هر انتهای این خط مبنا را تعیین مکان می‌کردند. سپس یک رشته مثلث ترسیم می‌شد، که هر ضلع آن‌ها یک خط مبنا را تشکیل می‌داد تا نقطه‌ی سوم (رأس سوم) مثلثی جدید به وجود آید، و به همین ترتیب الی آخر.



خانواده‌ی کاسینی، برای ترسیم نقشه‌های کل خاک فرانسه، شبکه‌ی وسیعی متشکل از مثلث‌ها را از طریق مساحی و نقشه‌برداری برپا کردند. آنان با قرار دادن خط مبنای دقیقاً تعیین شده‌ی AB به عنوان نقطه‌ی آغاز، مرزنما یا نشانه‌ای همیشگی را در C رصد کردند و فواصل AC و BC را از طریق اندازه‌گیری زاویه‌های a و b یافتند. آنگاه AC به خط مبنا تبدیل شد تا مکان مرزنما یا نشانه‌ی دیگری را در D تعیین کنند؛ از AD برای تعیین موضع E سود جستند و به این ترتیب کار را تا آخر ادامه دادند. در سال ۱۶۷۲ روشی بسیار مشابه با این روش را برای یافتن فاصله‌ی دو سیاره‌ی زمین و مریخ به کار گرفته بودند.

وقتی که این کار در سال ۱۷۴۰ به انجام رسید و تکمیل شد، خاک فرانسه در شبکه‌ای متشکل از چهارصد مثلث به هم پیوسته قرار گرفت. اکنون باید جزئیات ــ شهرها و روستاها، رودها، کوهستان‌ها و سایر نشانه‌ها ــ به آن‌ها افزوده می‌شد. و

پس از انجام این کار نقشه‌ی فرانسه به دقت ترسیم شد. الگویی را تعیین کردند که به زودی عرض کانال انگلیس (مانش)، سرتاسر اروپا و تمامی جهان را درنوردید و در همه‌جا پخش شد. نقشه‌های تکمیل شده نمایانگر برخی خطاهای عمده در نقشه‌هایی بودند که کاربرد آن‌ها در آن روزها متداول بود، و معمولاً فقط از روی نقشه‌های دیگر نسخه‌برداری می‌شدند و هرگز هم کسی آن‌ها را وارسی نمی‌کرد و درست و خطاهایش را نمی‌سنجید. خیلی پیش از آن، لویی چهاردهم پادشاه فرانسه اظهار داشته بود که ترسیم مجدد نقشه‌ی فرانسه برای او به اندازه‌ی قسمت اعظم قلمروش ارزش داشته است.

برای ترسیم و تدوین چنین نقشه‌ای، یک مقیاس پایه ضروری بود، مقیاسی که بین عرض جغرافیایی و طول جغرافیایی با فواصل این طرف به آن طرف زمین ارتباط برقرار کند. پیش‌تر از آن، یکی از تلاش‌ها و جد و جهدهای جدی عبارت از اندازه‌گیری طول متناظر هر درجه‌ی عرض جغرافیایی، یعنی فاصله‌ی شمالی- جنوبی بین نقاط واقع بر مثلاً ۵۰ و ۵۱ درجه از استوا، بود. این حرکت و این اندازه‌گیری طلیعه و پیام‌آور چالش بر سر تعیین شکل کره‌ی زمین (**۱۷۳۶**)، و بعداً بر سر یافتن طول متر در پایان آن قرن به‌شمار می‌آمد که دستگاه متری پای بر عرصه نهاد.

رئومور و سلسیوس: دماسنج‌هایی حتی بهتر

۱۷۴۲ رنه رومئور، پژوهشگر چندوجهی فرانسوی را بیشتر به خاطر مطالعاتش در حوزه‌ی زیست‌شناسی می‌شناسند (مثلاً، شیره‌های گوارشی را کشف کرد)؛ اما وی از کسانی بود که در حوزه‌ی فن و علم اندازه‌گیری دما، بر پایه‌ی کارهای نیوتون و دانیل فارنهایت (**۱۷۰۱**)، بسی تلاش کرد. در مقیاس دماسنج‌های الکلی رئومور، که نخستین‌بار در ۱۷۳۰ آن را ایجاد کرد، دمای آب منجمد (یخ‌زده) صفر و دمای جوش آب ۸۰ درجه تعیین شده است. نقاط ثابت بر روی آن با دقت زیادی تعیین شدند اما این مقیاس هرگز به طور وسیعی کاربرد پیدا نکرد و ، حتی در فرانسه، دیرزمانی است مهجور شده است.

امروزه نام مهم در حوزه‌ی اندازه‌گیری دما آندرس سلسیوس سوئدی است. سلسیوس مقیاس صد قسمتی (سانتی‌گراد) خود را در ۱۷٤۲ ابداع و طراحی کرد که در آن نقطه‌ی جوش آب صفر درجه و نقطه‌ی ذوب یخ در ۱۰۰ درجه نشانه‌گذاری شد. این مقیاس به زودی برعکس شد تا مقیاس دمایی پدید آید که امروزه تقریباً در

همه‌ی جهان کاربرد دارد. دماسنج‌های جیوه‌ای (در غلاف شیشه‌ای) سلسیوس در آزمایشگاه‌ها کاربرد فراوان دارند و دقت‌شان فزاینده است. جوزف بلک اسکاتلندی (۱۷۶۱) به کمک این دماسنج‌ها به کشفیات بسیار مهمی نایل آمد، که از جمله‌ی آن‌ها شناسایی گرمای نهان و گرمای ویژه را می‌توان برشمرد. تا دهه ۱۷۷۰ این دماسنج‌ها می‌توانستند تا یک‌دهم درجه را قرائت کنند.

مقیاس دماسنج و دماهای معمولی				
	سلسیوس	فارنهایت	رومئور	کلوین
دمای سطح خورشید	۶۰۰۰			
آهن مذاب (در حال جوشیدن)	۲۷۵۰			
آهن مذاب	۱۵۲۵			
طلای مذاب	۱۰۶۴			۱۳۳۷
سطح زهره (ناهید)	۴۰۰			۶۷۳
سرب مذاب	۳۲۷			۴۰۰
آب خالص در حال جوشیدن در فشار متعارف	۱۰۰	۲۱۲	۸۰	۳۷۳
بالاترین دمای ثبت شده‌ی هوا	۵۸			۳۳۱
دمای بدن انسان در حالت عادی	۳۷	۹۸		۳۱۰
نقطه‌ی یخ زدن آب خالص	۰	۳۲	۰	۲۷۳
نقطه‌ی انجماد جیوه	-۴۰			۲۳۳
تبدیل «یخ خشک» به گاز (بخار)	-۷۸			۱۹۵
کم‌ترین دمای ثبت شده‌ی هوا	-۸۸			۱۸۵
نقطه‌ی جوش اکسیژن	-۱۸۳			۹۰
نقطه‌ی جوش هیدروژن	-۲۵۳			۲۰
نقطه‌ی جوش هلیم	-۲۶۹			۴
صفر مطلق	-۲۷۳			۰

دماهای یافته (اندازه‌گیری) شده بر روی سطح زمین یا مجاور سطح زمین؛ برخی از این اعداد با مقیاس‌های گوناگونی در ظرف دست‌کم ۵۰۰ سال به دست آمده است.

سلسیوس خودش ملاحظه کرد که آب در واقع همیشه هم در ۱۰۰ درجه به جوش نمی‌آید. نقطه‌ی جوش آب و سایر مایعات به تناسب تغییرات فشار هوا کم و زیاد می‌شود.

آبراهام ترامبله: گیاهان در مقابل جانوران

۱۷۴۴ از همان دوران یونان باستان، چیزهای زنده را به گیاهان و جانوران تقسیم کرده بودند. گیاهان زنده بودند و رشد می‌کردند؛ جانوران زنده بودند، رشد می‌کردند و حس داشتند. این‌ها حتی خودشان به تن خویش می‌توانستند حرکت کنند و جابه‌جا شوند. قسمت سوم از اجزای طبیعت (جهان طبیعی)، کانی‌ها (مواد معدنی)، فقط می‌توانستند رشد کنند و نه حیاتی در آن‌ها بود و نه چیزی را احساس می‌کردند. تمامی این‌ها بسیار ساده به نظر می‌رسید، اما اجرای این تقسیم‌بندی همیشه هم آسان نبود.

برخی موجودات زنده‌ی گوناگون که آنتونی لونهوک (**۱۶۷۳**)، استاد مطالعه با میکروسکوپ در آب یافته بود، شبیه به گیاهان به نظر می‌رسیدند: این موجودات خودشان را به چیزی، مانند یک گیاه دیگر، می‌چسباندند و ساقه و ظاهری چون شاخه و برگ دارند. وی این موجودات یا گیاهان را «پولیپ»[1] نامید. این‌ها توجه آبراهام ترامبله را جلب کردند؛ وی جوانی بود که در هلند معلم سرخانه‌ی اشراف‌زادگان بود. گزارش وی در خصوص این موضوع که در سال ۱۷٤٤ انتشار یافت عنوان طولانی مرسوم در همان زمانه را داشت: *گزارش علمی در باب تاریخ طبیعی یک پولیپ آب آشامیدنی با بازوهایی شبیه به شاخ*[2]. وی در زیر میکروسکوپ پولیپی دید که ظاهراً برای گرفتن چیزی دست دراز کرده و آن را در چیزی قرار می‌داد که می‌توانست دهانش باشد. اگر آب را به هم می‌زدند، موجودات زنده‌ی ریزی ظاهر می‌شدند که برای کمک کردن به کمک آن به پا تبدیل می‌شدند.

چنین حرکت مستقلی بیشتر با جانوران منطبق می‌شد تا با گیاهان. ترامبله حیرت کرد که آیا حلقه‌ی مفقودی بین این دو (جانور و گیاه) را یافته است یا خیر. وی همچنین مشاهده کرد که یک پولیپ ظاهراً دو تا می‌شود، در حالی که در آن جوانه‌ای تشکیل و جدا می‌شود. وی از طریق دو قسمت کردن پولیپ، و سپس به چند تکه

---

1. polyp
2. *Memoir on the Natural History of a Freshwater Polyp with Arms Shaped Like Horns*

کردن آن، به وسیله‌ی قیچی، به آزمایش دست زد. هر قطعه و تکه‌ای که به دست آمد به یک پولیپ کامل بدل شد. ترامبله به اساطیر یونانی واقف بود و هودرای[1] ترسناک را، با توانایی‌اش در رشد و رویاندن دو سر به جای یک سر که بریده شده، یادآوری کرد. وی آن نام را به این موجودات، که آشکارا حیواناتی کوچک بودند و نه گیاه، نهاد و جا هم افتاد.

تقریباً در همان اوقات، پولیپ‌های مشابهی را یافتند که در بسترهای مرجانی می‌زیستند، شاخک‌هایشان را می‌جنبانیدند، و غذا را با آن‌ها جذب می‌کردند. مرجان‌ها نیز جانور بودند نه گیاه. این مرجان‌ها پس از کوتاه زمانی نشان دادند که توده‌های آهکی تولید می‌کنند که حاصل آن صخره‌های مرجانی است. به این ترتیب حیوانی هم یافت می‌شود که کانی تولید می‌کند. جانور و بی‌جان به یکدیگر نزدیک می‌شدند.

بطری لید: روشی برای ذخیره‌سازی الکتریسیته

۱۷۴۵ در نیمه‌ی قرن هجدهم، الکتریسیته از جمله مباحث دست اول و پر حرارت به‌شمار می‌رفت. اوالد فن کلیست[2]، اسقف پومرانی، واقع در لهستان امروزی، به فکر افتاد که چه می‌شد اگر «سیال الکتریکی» (**۱۷۳۳**) نویافته را می‌توانستند، مثلاً در یک حباب یا بطری شیشه‌ای، مانند آب ذخیره کنند. در این صورت مطالعه و بررسی آن هم آسان‌تر می‌شد. آزمایش‌های او پربار از کار درآمد. هرگاه یک بطری شیشه‌ای که کمی آب در آن ریخته بودند، در یک دست نگه داشته شود می‌تواند به اندازه‌ی کافی بار ذخیره کند که تکان‌ها (شوک‌ها)ی الکتریکی حیرت‌انگیزی ایجاد کند.

فاراد

فاراد، نامیده به نام مایکل فاراده فیزیکدان قرن هجدهم انگلیسی (۱۸۱۳)، عبارت است از یکای ظرفیت، یعنی توانایی ذخیره‌سازی بار الکتریکی یک خازن (چگالنده). خازنی با ظرفیت یک فاراد می‌تواند یک کولن بار را با اختلاف پتانسیل یک ولت بین تیغه‌هایش نگه دارد و ذخیره کند.

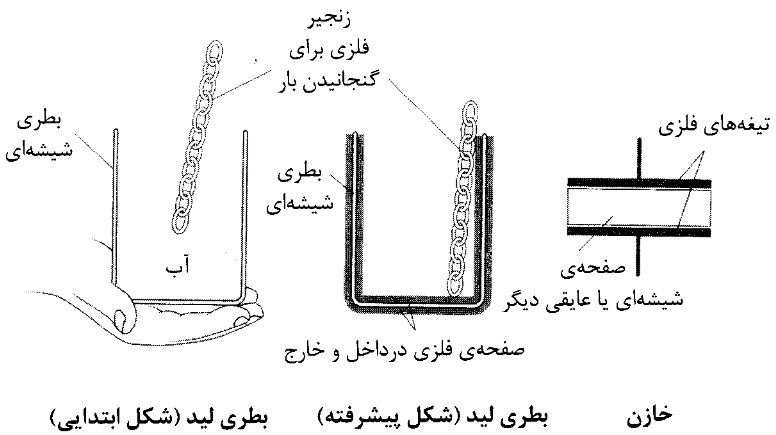
---

۱. Hydra. در اساطیر یونان، مار آبی ۹ سر که هر سرش را می‌بریدند دو سر به جایش برمی‌خاست. هرکول بر آن فائق آمد (هر سر را که جدا می‌کرد گردنش را می‌سوزانید). م

2. Ewald von Kliest

اما، مقدر بود که این کشف او را آیندگان به نام بطری لید بشناسند زیرا به طور همزمان و مستقلاً پیتر وان موسنبروک[1] هلندیٰ هم در لیدن آن را کشف کرد. موسنبروک چندان زیرک بود که مقاله‌ای درباره‌ی این اختراع و نوآوری خود بنویسد و در صحن فرهنگستان علوم فرانسه آن را بخواند. فُن کلیست درباره‌ی اختراع خود فقط با یکی از دوستانش صحبت کرد. از این‌رو آن مرد اهل هلند این اعتبار را دریافت کرد که نامش بر این دستگاه به یادگار بماند.

بطری لید را بعداً چگالنده نامیدند، زیرا مایع الکتریکی در آن چگالیده یا متمرکز (فشرده) می‌شد. در فرهنگ اصطلاحات امروزی آن را خازن می‌گویند. پس از کوتاه زمانی آب و دست مرطوب جای خود را به رساناهایی دیگر، چون ورقه‌های فلزی در داخل و خارج بطری، سپردند. به تدریج شکل بطری هم غیر ضروری از کار درآمد و تنها چیز ضروری برای ذخیره‌سازی باریک لایه ماده‌ی نارسانا (یعنی یک ماده‌ی دی‌الکتریکی شبیه شیشه) بین دو رسانا بود.



بطری لید (شکل ابتدایی) **بطری لید (شکل پیشرفته)** **خازن**

در این نمودار مراحل تکوین بطری لید را به مثابه یکی از روش‌های ذخیره‌سازی بار الکتریکی مشاهده می‌کنید. خازن‌های جدیدتر که جنس لایه‌ی عایق آن‌ها از مواد ترکیبی (سنتزی) است می‌توانند مقادیر بسیار بیشتری بار را از طریق پیچیدن عایق و رسانا به صورت طاقه (یا لوله‌ای) با لایه‌های چندگانه، ذخیره کنند.

1. Pieter van Musschenbrock

«بطری‌های» بهبودیافته و اصلاح شده می‌توانستند مقادیر بسیار زیادی بار را در خود نگه دارند، و شوک‌های الکتریکی قوی و جرقه‌های چشمگیر و مؤثری تولید کنند، و پس از کوتاه زمانی به جزئی از سرگرمی‌های الکتریکی اشراف و نیز ابزاری برای پژوهشگران و اهل تحقیق تبدیل شدند. در واقع نام بطری لید را نخستین بار ژان نوله (**۱۷۳۳**)، روحانی و آزمایشگر فرانسوی، به کار برد و هم او بود که پس از مدت کوتاهی در برخی نمایش‌های گیرا و جالب از آن وسیله سود جست. در سال ۱۷٤٦ در حضور پادشاه بار بزرگی ناشی از یک بطری لید از یکصد سرباز که دست یکدیگر را گرفته بودند، و بعداً از ردیفی یک کیلومتری متشکل از هفتصد راهب، عبور کرد. بنابر گزارش‌ها، تمامی این «سوژه‌ها» یکباره و همزمان به هوا پریدند، که سرعت بسیار زیاد عبور الکتریسیته را اثبات می‌کرد.

فلز هشتم: روی رخ نشان داد

۱۷۴۶ باستان‌شناسان اشیایی را با عمری بالغ بر سه هزار سال از جنس فلز برنج از زیر خاک بیرون کشیده‌اند. می‌دانیم که رومیان باستان برای تولید فلز برنج دستورالعملی داشتند، اما علت کار چگونگی کارکرد این دستورالعمل را نمی‌دانستند. آنان مس را با یک کانی به نام کالامین[1] حرارت می‌دادند. فلز حاصل با مس تفاوت کلی داشت، هم کار با آن آسان‌تر بود و هم لبه‌اش را می‌شد تیزتر کرد. خیلی شبیه به برنز، و به مانند آن مقاوم در برابر زنگ زدن. با قالب‌گیری یا چکش‌خواری می‌شد آن را شکل داد. بعداً، کیمیاگران کالامین را فقط با مقداری کربن حرارت دادند. آنان پی بردند که وقتی سرد شد ماده‌ی فلزی مایل به سفیدی باقی مانده که به اطراف دودکش چسبیده است (و بنابراین احتمال می‌رفت نادیده انگاشته شود).

پاراسلسوس (۱۵۲۰)، واپسین کیمیاگر شاید نخستین اروپایی باشد که شناختن «زینکوم»[2] به عنوان نخستین فلز با خواص متمایز را اعلام کرد (از این‌رو آن را به هفت فلزی افزودند که باستانیان شناخته بودند)؛ وی احتمالاً با توجه به کارهای فلزکاران هندی به وجود آن پی برد. در غیر این صورت، روی تا ۱۷٤٦ به طور قطعی شناخته نمی‌شد که در این موقع آندره‌آس مارک‌گراف آن را شناخت (وی همچنین وجود قند در «چغندر قند» را نیز اثبات کرد). تقریباً در همین ایام کسانی دیگر این فلز را یافته بودند، اما مارک‌گراف این فلز را به نحوی روش‌مند مطالعه کرد و از این‌رو معمولاً او

1. calamine 2. zincum

را به عنوان کاشف (اروپایی) این فلز می‌شناسند.

روی فلزی مهم و سودمند از کار درآمد. این فلز با شدتی بیشتر از آهن با اسید واکنش بروز می‌داد تا هیدروژن (**۱۷٦٦**) رها کند و منبع مقداری گاز بود که بالن‌هایی را پر می‌کرد که برادران جسور چارلز را در سال **۱۷۸۳** به هوا برند. اندک زمانی بعد این فلز را در برخی از «باتری‌های» الکتریکی اولیه، پس از اختراع آن‌ها به دست الساندرو ولتای ایتالیایی (**۱۸۰۰**) با مس آمیختند.

باز هم زمانی پس از آن، به کمک روش «گالوانیزه‌کاری یا رویینه‌کاری»[1] ورق آهنی را با لایه‌ی نازکی از روی اندود کردند تا آن را در برابر زنگ‌زدگی حفاظت کنند. روی که از لحاظ شیمیایی فعال‌تر است، زودتر زنگ می‌زند و خوردگی پیدا می‌کند. کانی باستانی روی یا همان کالمین ترکیب کربنات روی از آب درآمد، و هنوز هم به عنوان لوسیون برای تسکین خارش و بیماری‌های پوست به کار می‌رود.

پی‌یر موپرتویی: «جهان هستی صرفه‌جو»

۱۷۴۶ پی‌یر موپرتویی اندیشمند فرانسوی به موفقیت‌های زیادی دست یافت. در سال **۱۷۳٦** وی سفر تحقیقاتی دشوار و جانفرسا به لاپلند را برای پی بردن به شکل زمین، تا حدودی هم برای اثبات نظر آیزاک نیوتون، که موپرتویی خودش پیرو آرای او بود، هدایت کرد. وی خانواده‌هایی را مطالعه کرد که اعضای آن‌ها شش انگشت داشتند، و در جستجوی الگوهای وراثت برآمد. وی اندیشه‌ها و آرای بحث‌انگیزی درباره‌ی تولید مثل آدمی ابراز می‌کرد. و به نظر می‌رسید که ایده‌های چارلز داروین را که ۲۰۰ سال بعد ارائه شد، پیش‌بینی کرده است. به گفته‌ی وی اکثر اشکال حیات که از ابتدا به وجود آمده‌اند، از بین رفته‌اند. از نظر وی، اندام یا رفتار آن موجوداتی که هنوز باقی مانده‌اند از سازگاری خاصی برخوردار بوده‌اند که بخت ادامه‌ی حیات و زادآوری آن‌ها را افزایش می‌دهد. این گزاره به نظریه‌ی «بقای اصلح»[2] داروین (**۱۸۵۹**) بسیار شبیه است.

گیراترین و جالب‌ترین آرای او عبارت بود از ایده‌ی صرفه‌جویی در کار و تلاش در طبیعت، که عبارت است از اصل کم‌ترین کنش[3]. پی‌یر فرما، ریاضیدان فرانسوی با بهره‌گیری از چیزی شبیه این اصل قوانین بازتابش و شکست نور را بیش از یک

---

1. galvanizing
2. Survival of the fittest
3. Principle of Least Action

قرن قبل از آن (**۱۶۲۱**) توضیح داده بود: همواره باریکه‌ی نور سریع‌ترین (کوتاه‌ترین) مسیر بین دو نقطه را طی می‌کند.

موپرتویی در سال ۱۷۴۶ ایده‌ی کلی‌تری را ارائه داد. وی استدلال کرد که از تعداد راه و روش‌های نامحدودی که یک شیء می‌تواند حرکت کند، آن را «برمی‌گزیند» که به کم‌ترین مقدار کمیتی نیاز دارد که وی آن را «کنش» نامید. این کمیت عبارت بود از زمان سپری شده برای طی شدن یک مسافت ضرب در انرژی حرکت. به نظر وی جهان هستی، به مثابه حاصل کار خالق، چنان دقیق طراحی شده است که با کم‌ترین کار و تلاش عمل خود را انجام دهد: «طبیعت در تمامی جنبه‌های کنش خود صرفه‌جوست». از این‌رو در این ایده مقدار زیادی الهیات و علم کلام یا دست‌کم فلسفه گنجیده شده بود.

اما، همان‌گونه که ریاضیدانان اثبات کردند، بسیاری از قوانین طبیعت به نحو اجتناب‌ناپذیری از این اصل پیروی می‌کنند. این اصل یکی از اصول قدرتمند وحدت‌بخش است. مثلاً، ذره‌ای که مطابق با قوانین حرکت نیوتون (**۱۶۸۶**) حرکت می‌کند کنش را در حداقل نگه خواهد داشت، و برعکس. تمام مسیرهای ممکن دیگر مستلزم کنشی بیشتر از آن کنشی‌اند که عملاً در آن کنش کم‌ترین است. حتی اصل عدم قطعیت[1] (**۱۹۲۷**)، که جزئی از جهان عجیب و غریب و باورنکردنی فیزیک کوانتومی قرن بیستم را تشکیل می‌دهد، بر پایه‌ی این ایده استوار است که کوچک‌ترین مقدار کنشی وجود دارد که طبیعت آن را برای ما مجاز می‌دارد. نمی‌توانیم آن را کاهش دهیم و به صفر برسانیم.

بدن آدمی: از کالبدشکافی (آناتومی) تا فیزیولوژی

۱۷۴۱ قسمت اعظم علم بر بستر جریان عادی قرار دارد و روندی روشن‌مند ــ گردآورده‌ی تکه‌تکه و گام به گام اطلاعات ــ است. این امر در مورد کالبدشکافی و کالبدشناسی یا آناتومی بسی صادق است: کار سخت‌کوشانه و وقت‌گیر تعداد زیادی پژوهشگر در ظرف چندین قرن، با بهره‌گیری از قدرت فزاینده‌ی میکروسکوپ، طی قرن‌ها ساختار پیچیده و درهم بافته، معماری و لوله‌کشی بدن آدمی را آشکار کرد. نام‌هایی که در این زمینه به یادمان می‌آید غالباً نام «ترکیب‌گران» است؛ آنان که قادرند کار بسیاری عوامل را در هم آمیزند و آن را به نحوی هماهنگ بروز دهند.

1. Uncertainly principle

از جمله‌ی این گونه افراد یکی هم برنارد آلبینوس هلندی بود. کتاب مصور زیبای وی *جدول استخوان‌بندی و عضلات بدن آدمی* که در سال ۱۷٤۷ انتشار یافت،[۱] شاید اوج تشریح و کالبدشناسی تصویری باشد که عضلات و استخوان‌ها، اعصاب و اندام‌های هم آدم بالغ و هم جنین را با وضوحی منحصر به فرد و بی‌مانند نمایش می‌دهد. آلبینوس یکی از فارغ‌التحصیلان مدرسه‌ی طب لیدن در هلند و تحت تأثیر هرمان بوئرهاوه، بزرگ‌ترین معلم طب (۱۷۲٤) بود. آلبرشت فون هالرِ استثنایی از او پیروی کرد و در واقع از وی پیش افتاد؛ این شخص در هنگامی که فقط ده سال داشت واژه‌نامه‌هایی در یونانی و عبری تألیف کرده بود. کتاب فون هالر *مبانی فیزیولوژی* فقط ده سال بعد منتشر شد، اما بادهای تغییر و دگرگونی در همان موقع هم وزیدن گرفته بودند. اکنون موضوع مورد توجه در خصوص چگونگی کارکرد بدن بود، و این‌که تمامی این ساختارها با این جزئیات شگفت‌آور عملاً چگونه کار خود را انجام می‌دهند.

مثلاً، دستگاه عصبی (سلسله اعصاب) را در نظر بگیرید. فون هالر، از طریق مشاهده و آزمایش، دو نوع عصب را جدا کرده بود: اعصاب حسی که تأثیرات حسی را به مغز منتقل می‌کنند، و اعصاب حرکتی که پیام‌ها را از مغز منتقل می‌کنند تا عضلات را به فعالیت وادارند. وی نتیجه گرفت که مغز باید مسند و مرکز اندیشه و احساس باشد زیرا تمامی سلسله اعصاب از آنجا آغاز و به همان جا ختم می‌شوند. فون هالر نمی‌دانست که اعصاب چگونه کار می‌کنند؛ وی آن‌ها را به صورت لوله‌هایی حاوی یک سیال خاص تلقی می‌کرد. آزمایش‌های کوئیجی گالوانی (۱۷۸٦) بر این نکته دلالت داشت که الکتریسیته به نحوی در این حرکت‌ها دخالت دارد.

در این میان، دامنه‌ی فهم و درک سایر فرایندهای اساسی بدن رو به گسترش بود. اثبات شد که دستگاه گوارش کارکردی بیشتر و پر دامنه‌تر از این دارد که فقط غذا را به صورت فیزیکی خُرد و آسیاب کند: فون هالر اهمیت زرداب (صفرا) را در هضم چربی‌ها نشان داد؛ رنه رومئور فرانسوی پی برد که شیره‌های ترشح شده به وسیله‌ی معده چگونه غذا را نرم و خرد می‌کنند؛ لادزارو اسپالانتسانی (۱۷٦۸) دریافت که گوارش با عملکرد بزاق در دهان آغاز می‌شود. تا دهه‌ی ۱۷۸۰، عمل تنفس را به مثابه راهی برای اکسیژن‌گیری خون و خارج کردن کربن دیوکسید تلقی می‌کردند. فون هالر کشف کرد که در درون بدن، غذا و اکسیژن در فرایندی شبیه به سوختن و رها کردن

---

۱. عنوان انگلیســی این کتاب عبارت اســت از *Tables of the Skeleton and Muscles of the Human Body*.

حرارت برای تأمین گرما و انرژی به منظور حرکت ترکیب می‌شوند، اما باز هم به دقت نمی‌دانست این اتفاق در کجا می‌افتد.

جیمز لیند: درمانی برای اسکوربوت[۱]

۱۷۴۷ هر ناخدای کشتی نسبت به تهدید و خطر ابتلای کارکنان کشتی خود به اسکوربوت در سفرهای طولانی باخبر بود. این بیماری موجب ضعف بدنی و افسردگی می‌شد، و به بروز نقطه‌های ملتهب و کبود بر روی پوست و متورم و سیاه شدن لثه می‌انجامید. این بیماری در صورت درمان نشدن به مرگ فرد مبتلا شده منجر می‌شد. با همه‌ی این احوال معلوم شد که دسترسی به غذای تازه می‌تواند نشانه‌ی بیماری را در ظرف چند هفته برطرف کند. این بیماری معالجه و درمان خاص‌تری را می‌طلبید: برای کاستن از اثر بیماری اسکوربوت هم در نزد خدمه و مسافران کشتی‌های نیروی دریایی و هم تجاری باید کاری می‌کردند.

در سال ۱۷٤۷ جیمز لیند، طبیب نیروی دریایی انگلستان، سوار بر کشتی نیروی دریایی سلطنتی بریتانیا، *سالیسبوری*، در خلال جنگ جانشینی اتریش در کانال انگلیسی گشت می‌زد. علی‌رغم وجود غذای مطلوب و «آب تازه» بیماری اسکوربوت شیوع یافت. در ظرف ده هفته‌ای که در دریا بودند، هشتاد نفر از ۳۵۰ خدمه گرفتار بیماری شدند. لیند می‌دانست که آب مرکبات مانند پرتقال، نارنگی و لیموترش از دیرباز به عنوان درمان مؤثری برای این بیماری شناخته شده‌اند. از این رو آزمایشی را طراحی کرد تا ببیند «درمان با مرکبات» در مقایسه با سایر درمان‌ها چه تأثیرهایی دارد.

لیند دوازده نفر از خدمه را که از قبل به اسکوربوت مبتلا بودند برگزید، و آن‌ها را به دسته‌های دو نفری تقسیم کرد. به جیره‌ی سوپ جو، آب گوشت و بیسکویت هر یک از این زوج‌ها چیز متفاوتی افزود. این افزودنی‌ها مشتمل بودند بر چند تا قاشق سرکه، چند فنجان آب دریا، پوره‌ی سیر، خردل و ترب کوهی، و یک پیمانه مایعی که از سیب می‌گرفتند (سیدر). به یک زوج هم «اکسیری» از ترکیبی پیچیده داد. به زوج آخر هم هر روز دو پرتقال و یک نارنگی یا لیموترش می‌داد. فقط زوجی که سیدر می‌نوشیدند و زوجی که میوه‌ی تازه می‌خوردند کلاً بهبودی از خود بروز دادند، و آن زوجی که آب مرکبات نوشیدند بهترین وضعیت را نشان دادند. یکی از آن‌ها در ظرف شش روز دوباره برای انجام وظایف خود آماده شد.

---

۱. scurvy، نوعی بیماری که از کمبود ویتامین ث ناشی می‌شود.

یافته‌ها بسیار واضح بودند، و وزارت دریاداری به سرعت آن را پذیرفت. آب پرتقال، لیمو و نارنگی بهترین درمان اسکوربوت شناخته شد. با همه‌ی این احوال، چهل سال گذشت تا این‌که یک فرمان رسمی صادر شد مبنی بر این‌که آب مرکبات در تمام کشتی‌های نیروی دریایی جزء جیره‌ی خدمه منظور شود. طی سال بعد باز هم بیماری اسکوربوت شیوع یافت، اما از میان برداشته شد و تعداد سربازانی که به هر دلیلی بستری شدند به نصف رسید. پیامد دیگر این امر بود که سربازان انگلیسی، و سرانجام تمام انگلیسی‌ها در خارج از آن کشور، را «لایمی»[1] لقب دادند.

اما یک پرسش بنیادی کماکان باقی بود. چرا این درمان کارساز است؟ آب مرکبات حاوی چه چیزی است که بیماری اسکوربوت را متوقف می‌کند؟ یکی از پاسخ‌های آخر به این پرسش مدت‌ها بعد داده شد. اکنون ما می‌دانیم که این پاسخ عبارت است از وجود ویتامین ث (**۱۹۰۶**).

کنت دو بوفون: جمع‌بندی طبیعت

۱۷۴۹ در سال ۱۷٤۹ نخستین مجلد از اثری ماندگار در حوزه‌ی علم انتشار یافت: *تاریخ طبیعی عام و خاص* تألیف ژرژ لکرک فرانسوی، که بعداً کنت دو بوفون[2] نام گرفت. این اثر ٤٤ جلدی ــ که بعد از مرگ مؤلفش هشت بار چاپ شد ــ تمام معلومات و دانسته‌ها درباره‌ی طبیعت تا آن زمان را جمع‌بندی کرد. این مجموعه که با نثری بسیار پاکیزه و مناسب مخاطب عام نوشته شده، با ایده‌ها و تأملات خود بوفون هم درآمیخته و پر بارتر شده است.

بوفون هم مانند بسیاری دیگر از کسانی که در آن زمان با علم درگیر و مرتبط بودند از خانواده‌ای توانگر برخاسته بود و در ابتدا به آموزش حقوق برخاست. علائق او گسترده بود، و ریاضیات و علوم زمین و نیز آنچه را که بعداً زیست‌شناسی و اکولوژی نامیده شد، در بر می‌گرفت. یکی از بزرگ‌ترین دستاوردهایش تبدیل باغ سلطنتی فرانسه، که از ۱۷۳۹ باغبان آن بود، به مرکزی تحقیقاتی و موزه به‌شمار می‌آید که آن را با گیاهانی که از اقصی نقاط جهان فراهم آورده بود، گسترش داد. وی در بیست و هفت سالگی به فرهنگستان علوم فرانسه ملحق و بعداً پشتیبان و مشوق ژان لامارک جوان (**۱۸۰۹**) شد.

---

۱. limey، در آمریکا، به تحقیر، انگلیسی‌ها را می‌گویند. م

2. George Lecrec (Compt de Buffon)

در جایی که دیگران، از جمله لینه، تفاوتی اساسی بین گیاهان و جانوران قائل بودند ــ مثلاً، جانوران می‌توانند حرکت کنند و احساسات دارند، گیاهان نمی‌توانند و ندارند ــ بوفون بر شباهت‌های تمامی موجودات زنده تأکید ورزید. وی مثل دیگران، توجه کرد که گیاهان و جانوران به نحوی در سرتاسر کره‌ی زمین توزیع شده‌اند که هر قاره‌ای ساکنان خاص و متمایز خود را دارد. بوفون با پیش‌بینی کردن ایده‌های چارلز داروین (۱۸۷۱) و دیگران در خصوص تکامل آدمی، انسان‌ها را با میمون‌ها مقایسه کرد و به این فکر افتاد که این‌ها می‌توانند نیاکان مشترکی داشته باشند.

یک یا بسیار کهکشان؟

۱۷۵۰ ستارگان با یکنواختی در پهنه‌ی آسمان پراکنده نشده‌اند. ناظران باستانی و بس قدیمی نوار نور کم‌سویی را در آسمان ملاحظه می‌کردند و آن را *راه شیری یا کهکشان راه شیری* نامیده بودند که در میان ستارگان آسمان را دور می‌زند. در سال **۱۶۱۰** گالیله نشان داده بود که این کهکشان نیز از ستارگان تشکیل شده است.

در سال ۱۷۵۰ توماس رایت، ستاره‌شناس انگلیسی، با ارائه‌ی یک توضیح ظهور کرد. بنا بر آرای او ستارگان به طور یکنواختی و در تمامی جهات فضا را پر نمی‌کنند، بلکه در قالب تجمع وسیعی به شکلی شبیه به یک چرخ گروه‌بندی شده‌اند. چشم‌انداز و دید این سو به آن سوی این چرخ ستارگان بسیاری بیشتری را آشکار می کند که تنگاتنگ هم خوشه و دسته‌بندی شده‌اند، تا دید و چشم‌اندازی که در امتداد محور این چرخ باشد. بنابراین کهکشان راه شیری حاشیه‌ی منظومه‌ی ستاره‌ای ما، یا همان کهکشان راه شیری ما (اصطلاحی برگرفته از واژه‌ای یونانی به معنای «شیر») را نمایش می‌دهد. ویلیام هرشل، کاشف سرشناس سیاره‌ی اورانوس (**۱۷۸۱**)، این ایده را پی گرفت و در حدود سال ۱۷۸۵ تصویرهایی از کهکشان ما به شکلی شبیه یک عدسی ترسیم کرد.

اما در بیرون از منظومه‌ی ستاره‌ای ما، با این وسعتی که دارد، چه چیزی نهفته است؟ مابقی جهان هستی از چه چیزی انباشته شده، یا این‌که آیا کهکشان ما در عالَم (کیهان) تنهاست؟ ایمانوئل کانت، فیلسوف بزرگ آلمانی، احتمالاً یک سر تلسکوپ را از سر دیگرش تمیز نداد، اما ذهنش بی‌قید و بند و آزاد بود. وی کل فضا را سرشار از اشیایی چون کهکشان ما، انبوهه‌های بیضوی ستارگان، که آن‌ها را

«عالَم‌های جزیره‌ای»[1] نامید، تجسم کرد. وی برای این «عالم‌ها» شواهدی را در میان بسیاری از «سحابی‌ها»[2] مشاهده کرد؛ سحابی‌ها عبارت‌اند از تکه‌های مه‌آلود نور در میان ستارگان. غالباً سحابی‌ها را با دنباله‌دارها اشتباه می‌گیرند؛ شارل مسیه، شکارچی فرانسوی پیشگام ستارگان دنباله‌دار، فهرستی از حدود یکصد تا از چنین اشیایی (سحابی‌ها) را در سال ۱۷۸۱ تدوین و تنظیم کرد. این فهرست را هنوز هم به نام اجرام یا اشیای مسیه می‌شناسند: مثلاً، M42 عبارت است از سحابی بزرگ در صورت فلکی جبار[3] (یا سحابی بزرگ جبار).

اما تعداد بسیار بیشتری از این اجرام سماوی بودند که مسیه آن‌ها را فهرست نکرد. هرشل و پسرش جان، با تلسکوپ بزرگ خود (**۱۷۸۹**)، هزاران سحابی را فهرست کردند. برخی از آن‌ها می‌توانند بیضوی باشند، مانند سحابی M31 مسیه که در صورت فلکی اِمرأة‌المسلسله (زنِ شوی ندیده)[4] قرار دارد، و بسیاری هم ممکن است «عالم‌های جزیره‌ای» کانت بوده باشند که بسی دور از کهکشان خود ما قرار دارند. اما اکثر ستاره‌شناسان این‌طور فکر نمی‌کردند و چنین نظری نداشتند. هرشل یکی از آنان بود که در سال ۱۷۹۱ اعلام کرد تمام هزاران سحابی صرفاً مجموعه‌ی گاز در درون کهکشان خود ما، احتمالاً ستارگان و سیارات در فرایند تشکیل و شکل‌گیری، هستند. این موضوع به مدتی حدود یک قرن در همین‌جا مسکوت ماند؛ اما این مباحثه یا مناقشه بار دیگر در سال **۱۸٤۷** از سر گرفته شد.

1. Island universes
2. nebula
3. Constellation Orion
4. Andromeda

قدرت بخار، آهن و مواد شیمیایی

فناوری در قرن هجدهم

*نقطه*ی آغاز انقلاب صنعتی را می‌توان سال ۱۹۰۵ قرار داد، همان سالی که توماس نیوکامن انگلیسی تلمبه‌ی آب بخاری (با نیروی بخار) را طراحی کرد که یک دهه قبل توماس ساوی شکل ساده‌ی آن را ساخته بود؛ نیوکامن آن را به صورتی درآورد که به جای آن که فقط آب را بمکد، یک پیستون و میله را به حرکت درمی‌آورد. این موتور یا ماشین هنوز هم ذغال سنگ زیادی هدر می‌داد که برای تولید بخار سوزانده می‌شد؛ در هر چرخه به سیلندر یا استوانه‌ی داغ آب سرد می‌پاشیدند تا بخار را به مایع تبدیل و در داخل این استوانه خلأ جزئی پدید آورد و فشار هوای خارج پیستون را در داخل آن به حرکت درآورد (به جلو براند).

جیمز وات اسکاتلندی برای این مشکلات یک راه حل پیشنهاد کرد: مایع‌سازی (چگالش) بخار به طور جداگانه، به گونه‌ای که سیلندر همواره بتواند داغ باشد. وی در سال ۱۷۶۵ نمونه اولیه‌ای از این ماشین خود ساخت؛ نمونه‌های بعدی آن حرکت عقب و جلوی پیستون را به چرخشی یکنواخت تبدیل می‌کردند. تا سال ۱۷۷۶ وی به کمک و همکاری متیو بولتون صنعتگر در بیرمنگام، دیگر به ساخت ماشین‌های بخار مشغول شده بود. در این هنگام دیگر صنعت از منبع قدرت و توان قابل اعتماد و فراوانی برخوردار بود که جایگزین توان ناشی از آب، نیروی بدن آدمی و اسب می‌شد.

و حالا دیگر ماشین‌های بیشتری یافت می‌شد که به این منبع انرژی نیاز داشتند. صنایع نساجی به نحو موفقیت‌آمیزی ماشین‌های بهتر و سریع‌تری را برای ریسیدن و بافتن پارچه‌ی کتانی، نخی (پنبه‌ای) و پشمی را پدید آوردند. این ماشین‌ها مشتمل بودند بر پودگذار[1] (۱۷۳۳)، ماشین ریسندگی (نخ‌ریسی)[2] (۱۷۶۴)، ماشین ریسندگی مول[3] (۱۷۷۹)، و ماشین بافندگی بخاری[4] (۱۷۸۵) بود. ثروت ناشی از صنعت نخست در بریتانیا و سپس در جاهای دیگر، ابتدا در صنایع نساجی انباشته شد.

در کشتزارهای پنبه‌ی آمریکا، ماشین پنبه پاک‌کنی (چرخ پنبه وَش‌کنی)[5] الی ویتنی (۱۷۹۳) با سرعت بخشیدن به جدا شدن تار از پنبه‌دانه بهره‌وری شتاب گرفت و شکوفا شد و از این رو بردگان پنبه‌کار را به کالایی بسیار ارزشمندتر بدل کرد. بهره‌وری در کشاورزی، که

---

1. Fly (flying) shuttle
2. Spinning jenny
3. Spinning mule
4. Power loom
5. Cotton gin

هنوز هم قسمت اعظم جمعیت اروپا به این حوزه وابسته بودند، از طریق ابداع تناوب زراعتی (تناوب کشت) چهار ساله و بهبود اصلاح روش‌های به‌نژادی گوسفند، رو به شکوفایی نهاد.

سایر صنایع هم گسترش یافتند: مثلاً، سفالگری با الگوبرداری و سرمشق‌گیری از صنایع چینی‌سازی چین؛ کاغذسازی و شیشه‌گری؛ و البته صنایع آهن برای ساختن موتورها و سایر ماشین‌آلات. با بهره‌گیری از کُک (ذغال سنگ) به جای ذغال چوب در کوره‌های ذوب آهن، آهن ارزان‌تر و مرغوب‌تر شد. آهن ورزیده (آهن کوبیده یا کار شده)[1] و فولاد بوته[2] باز هم کیفیت بهتری یافت و مرغوب‌تر شد. جان ویلکینسون، استاد بزرگ آهنکاری، در این زمان توانست سیلندرهای ماشین بخار را چنان به دقت سوراخ کند که این ماشین‌ها بسیار قابل اعتمادتر شدند (وی لوله‌های توپ را نیز بهتر سوراخ کرد).

ویلکینسون همان وقت هم در رؤیای ساختن کشتی‌هایی با بدنه‌ی آهنی بود. قطعاً آهن کاربردهای جدیدی یافته بود. نخستین پل تمام فلزی در سال ۱۷۷۹ در انگلستان ساخته شد. سیمان آهکی آبی (هیدرولیکی)[3]، که می‌شد آن را در زیر آب به کار بست، از دیگر پیشرفت‌های عمده‌ی این عصر به‌شمار می‌آید. مخترع این نوع سیمان یا آهک، جان اسمیتون، آن را در ساختن فانوس دریایی ادیستون سوم در کرانه‌ی انگلستان به کار برد (این بنادر سال ۱۷۵۹ تکمیل شد).

برای حمل و نقل مواد خام و فراورده‌های صنعتی، بین رودخانه‌ها ارتباط برقرار کردند و سپس از طریق شبکه‌ی رو به گسترش کانال‌ها در آن‌ها کنارگذران احداث کردند، که ابتدا این کار در سال ۱۷۵۹ در انگلستان انجام شد. این راه‌های ارتباطی رودخانه‌ای تا ظهور راه‌آهن در دهه‌ی ۱۸۳۰ از همه برتر بودند و حرف اول را در حوزه‌ی حمل و نقل می‌زدند. ارتباطات هنوز هم به اسب و کالسکه وابسته بود، هرچند که کلود شاپ، مهندس فرانسوی، برای نخستین بار شبکه‌ای از ایستگاه‌های پیام رسانی[4] (سیگنال) مکانیکی بر رأس تپه‌هایی به فاصله‌ی ۳۰ کیلومتر از یکدیگر را احداث کرد. این ایستگاه‌ها می‌توانستند پیام‌ها را در ظرف ۲۰ دقیقه از پاریس تا مارسی بازپخش کنند. تلگراف الکتریکی سرانجام در حدود سال ۱۸۵۰ این شیوه‌ی اطلاع‌رسانی را از دور خارج کرد.

گسترش دامنه‌ی صنعت تقاضا برای مواد شیمیایی، مانند اسید سولفوریک، نمک قلیا (۱۷۹۱)، و کلر به منظور سفیدکنندگی و رنگ‌بری (۱۷۷۴) افزایش یافت، و از این رو نوآوری و ابداع فرایندهای جدید برای تولید این مواد شتاب گرفت. در حدود سال ۱۷۹۲ ویلیام مرداک در کاربرد گاز ذغال برای تأمین روشنایی و گرما پیشگام شد.

---

1. Wrought iron
2. Crucible steel
3. Hydraulic lime cement
4. Semaphore نوعی سامانه‌ی پیام‌رسانی به وسیله‌ی دو پرچم. م

جریان کالاهای ساخته شده ــ پارچه، کاغذ، سفال، ظروف بلوری، مس نقره‌اندود، آهن قلع‌اندود ــ دست‌کم در خانه‌ی توانگران استانداردهای زندگی را ارتقا بخشید. از جمله ابداعات و اختراعات و نوآوری‌های دیگری که در خلال قرن هجدهم صورت گرفت می‌توان اسکناس و چک بانکی، خدمات منظم پستی، سودا (آب گازدار)، مستراح، بالون هوای داغ (بالونی که آن را از هوای داغ می‌انباشتند)، و برای ماجراجویان، چتر نجات، را برشمرد.

۱۸۰۰ — ۱۷۵۱

چشم‌انداز جهان در این دوره

در سال ۱۷۷٦ پایگاه‌های دیده‌بانی بریتانیا در امتداد کرانه‌ی خاوری آمریکای شمالی گرد هم آمدند و از «سرزمین مادری» اعلام استقلال کردند. هرچند که پنج سال دیگر باید می‌جنگیدند تا آن استقلال تضمین شود. در شمال، بریتانیا قبلاً بر سر سلطه و کنترل سرزمینی که امروز کانادا نامیده می‌شود، با فرانسه به نبرد پرداخته بود. این تعارض و منازعه جلودار و منادی جنگ هفت ساله، مواجهه‌ی تمام عیار بین دولت‌های گوناگون اروپایی بر سر قلمرو، قدرت و منابع، به‌شمار می‌آمد. همچون جنگ‌ها و منازعه‌های پیشین، برنده‌ی اصلی پروس، بخش اصلی آلمان آینده بود.

سیزده سال بعد، در فرانسه انقلاب اتفاق افتاد. پس از سال‌ها خشونت، وحشت، قدرت به ناپلئون بناپارت نظامی انتقال یافت، و او کسی بود که از نیرو و توان علم و فناوری آگاه بود و آن را ارتقا بخشید. مواجهه و رو در رویی فرانسه و بقیه‌ی اروپا تا سال ۱۸۱۵ (جنگ‌های ناپلئونی) به درازا کشید. در خلال این نبردها، فرانسه دستگاه متری اوزان و مقادیر[1] را اختیار کرد، که سپس از طریق فتوحات فرانسوی‌ها به اکثر کشورهای اروپایی (جز انگلستان) تسری یافت.

روسیه، تحت حکومت کاترین کبیر، به تلاش و پیشروی خود به سوی نوسازی و تجدد، از جمله گسیل دانشجویان به خارج برای فرا گرفتن علم و فناوری، ادامه داد. در عین حال، اتریش راندن عثمانی از منطقه‌ی بالکان را آغاز کرد. روسیه، با نگاه به غرب، برای تجزیه کردن لهستان، زادگاه کوپرنیک در سه قرن قبل از آن، به پروس و اتریش ملحق شد.

---

1. Metric system of weights and measures

هنر و اندیشه

عصر روشنگری، با تأکید بر ماده‌گرایی (ماتریالیسم)، رواداری و مدارا، استقلال فردی و آزادی اندیشه، در خلال این پنج دهه به اوج رسید. در سال ۱۷۵۱ نخستین ویراست *دایرةالمعارف هنرها و علوم*[1] به سرویراستاری دنیس دیدروی فرانسوی انتشار یافت، که اصول این جنبش در آن جمع‌بندی شده بود. آرمان‌های روشنگری عمدتاً در دو انقلاب سیاسی آن دوران نقش ایفا کردند: انقلاب آمریکا و انقلاب فرانسه. عصر روشنگری علم و دانش چهره‌های برجسته، مانند گالیله و نیوتون، را در حکم مدل کند و کاو انسان‌ها، بر پایه‌ی مشاهده و آزمایش، می‌نگریست.

در حوزه‌ی موسیقی این ایام سال‌های پیروی از سبک کلاسیک (کلاسیسیسم) بود و یوزف هایدن و ولفگانگ آمادئوس موتزارت (هر دو آلمانی) مظهر آن به‌شمار می‌آیند. قالب‌های جدید موسیقیایی با ساختارهای پیچیده ظهور کردند: سونات، کوارتت سازهای زهی[2] و سمفونی، تکمیل شدن دائمی و تدریجی پیانو به نشستن این ساز به جای هارپسیکورد[3] و بروز انواع جدید موسیقی، از جمله ارت سانگ[4] با همراهی پیانو منجر شد. در سال‌های پایانی این دوره، موسیقی هیجان‌انگیزتر و با احساس‌تر شد، که پیام‌آور بتهوون و بروز و ظهور موسیقی عاشقانه (رومانتیک) در قرن بعدی بود.

دامنه‌ی نگارش و نویسندگی گسترش یافت و متنوع شد. دکتر ساموئل جانسون نخستین فرهنگ زبان انگلیسی را تألیف کرد. ولتر فرانسوی نخستین رمان خود، *کاندید*، را پدید آورد که در آن فلسفه‌ی عصر روشنگری را مبنی بر این‌که «جهان روشنگری بهترین دنیاست» هجو می‌کند، و اندک زمانی پس از آن، *رساله در رواداری*[5] را منتشر کرد. آدام اسمیت انگلیسی کتاب *کندوکاو در ثروت ملل*[6] را منتشر کرد؛ امانوئل کانت آلمانی *نقد عقل محض* و رابرت برنز مجموعه‌ی *چکامه‌های* اسکاتلندی خود را انتشار دادند. ساموئل تیلور کولریج و ویلیام وردزورث انگلیسی *چکامه‌های غنایی*[7] خودشان، از جمله، به ترتیب، شعر *دریانورد باستان*[8] و *صومعه‌ی تینترن*[9] منتشر کردند.

1. *Encyclopedia of Arts and Sciences*
2. String quartet
3. Harpsichord (نوعی پیانوی قدیمی)
4. Art song
5. *A treatise on Tolerunce*
6. *Inquiry into wealth of Nations*
7. *Lyrical Ballads*
8. The Rime of the Ancient Mariner
9. Tintern Abbey

در حوزه‌ی هنر و تزئین، در این زمان روکوکو سبک قالب بود. این سبک نسبت به سبک باروک ظریف‌تر و شهوانی‌تر بود؛ در حالی که خود از باروک برآمده و خود بازتابان ذائقه و علاقه به تجمل اشرافیت فرانسوی و سایر دربارهای بعدی اروپایی بود. ژان واتو، نقاش فرانسوی مظهر این سبک به‌شمار می‌آید. در انگلستان، بر تک‌چهره (پُرتره) تأکید می‌شد؛ جاشوا رینولدز و توماس گینزبورو در این راه گام‌هایی برداشتند. ویلیام هوگارتِ گراورساز و حکاک به ثبت و ضبط انحطاط طبقات فرادست و مسائل و معضلات اجتماعی در میان تهیدستان ادامه داد.

علم شیمی پا می‌گیرد

در حالی که تمامی حوزه‌های علم در این نیم‌قرن پیشرفت کرد، و بخصوص شیمی به دوران بلوغ خود رسید. گازهای مهمی چون کربن دیوکسید، نیتروژن، اکسیژن و کلر از جمله نخستین موادی بودند که به وضوح شناسایی شدند، و نظریه‌ی فراگیر و محبوب اما نادرست فلوژیستون سرانجام به همت نابغه‌ای به نام آنتوان لاووازیه به پایان راه خود رسید، و زبانی نو و عقلایی برای شیمی تدوین و طراحی شد. شیمیدانان فراسوی تمامی تردیدها، اهمیت اندازه‌گیری‌های دقیق را جا انداختند.

بگومگو و جر و بحث در جاهای مختلف کماکان ادامه یافت. بر سر منشأ سنگ‌ها جدال بین «آبگراها»[1] و «پلوتونیست‌ها»[2] جریان داشت؛ در حوزه‌ی زیست‌شناسی آنان که به «ایجاد حیات بر سطح زمین»[3] باور داشتند با گروندگان به نظر «جانوران میکروسکوپی و ریز»[4] در خصوص شیوه‌ی تکامل حیوانات پس از آبستنی، به مجادله می‌پرداختند. در عین حال، به تدریج این توافق دست داد که سنگواره‌ها بازمانده‌های گیاهان و جانورانی‌اند که زمانی بر کره‌ی زمین زندگی می‌کردند و نسبت به تاریخ سیاره‌ی زمین آرا و نظرهای مهم و پر شوری ابراز شد.

الکتریسیته هنوز هم در دستورکار و منشور فیزیکدانان جایگاه بلندی داشت.

---

1. neptunist
2. plutonist
3. epigenist
4. animalculists

ثابت شد که آذرخش جرقه‌ی الکتریکی عظیمی است. قانونی را یافتیم که بر نیروهای بین بارهای الکتریکی حاکم است و نیز پی بردیم که الکتریسیته در بدن حیوانان نقش ایفا می‌کند. در پایان قرن هجدهم، فیزیکدانان توانستند جریان‌های الکتریکی دائم را تولید کنند.

ابعاد تلکسوپ‌ها بزرگ‌تر شد و این ابزار پیچیده‌تر شدند و ستاره‌شناسان به کشف سیاره‌ی جدیدی توفیق یافتند. برای مشاهده و رصد عبورهای نصف‌النهاری[1] زهره دو اقدام بین‌المللی عمده به عمل آمد و اندازه و مسئله‌ی ابعاد منظومه‌ی شمسی حل و فصل شد. وزن زمین اندازه گرفته شد؛ بر سر چگونگی پیدایش کره‌ی زمین و خورشید گمانه‌زنی آغاز شد. ساعت‌سازی یورکشایری به مسئله‌ی یافتن عرض جغرافیایی پاسخ نهایی را داد و به این قائله پایان بخشید: وقوع زمین‌لرزه‌ای مصیبت‌بار در لیسبون، پرتغال، به نحو روش‌مندی ارزیابی شد، که نخستین گام در لرزه‌شناسی به‌شمار می‌آید.

دستاوردهای ماندگار و عظیم کارل لینه تعداد زیادی از گیاهان و جانوران شناخته شده را در قالب نظم و ترتیب قرار داد. این مفهوم که حیات می‌تواند خودبه‌خود از ماده‌ی غیرزنده پدید آید موج جدیدی را راه انداخت، اما این موج در قرن بعد هم به‌نحوی کماکان به حرکت خود ادامه داد و دوام آورد. پی بردیم که گیاهان چگونه «هوای صدمه دیده و مجروح»[2] را شفا می‌دهند، که این خود گامی حیاتی به سوی درک و فهم فوتوسنتز (نورساخت) به‌شمار می‌آید.

یک «نظریه‌ی میکروب یا زایشی»[3] بیماری‌ها برای دومین بار ابراز شد، و بار دیگر اکثریت آن را رد کردند، هرچند که راهی برای فراهم آوردن حفاظت در برابر آبله یافته شد. نخستین نشانه‌های «طب حرفه‌ای» با این اظهار نظر که دودکش پاک‌کن‌ها در معرض ابتلا به نوع خاصی سرطان‌اند، بروز کرد.

بنیامین فرانکلین بادبادک هوا می‌کند

۱۷۵۱ مخترع، مؤلف و سیاستمرد آمریکایی، بنیامین فرانکلین، نخستین دانشمند برجسته‌ای بود که از آن سوی اقیانوس اطلس ظهور کرد و رخ نشان داد. آزمایش «بادبادک» او آوازه‌ی امروزی‌اش را تضمین کرد. بنا بر داستان و حکایتی

1. transit
2. Injured air
3. Germ theory

افواهی، وی بادبادکی را که فلزی روی آن نصب شده بود به سوی یک توفان تندری به پرواز درآورد تا اثبات کند آذرخش در واقع یک جرقه‌ی الکتریکی غول‌پیکر است. این حدس و گمان مبتکرانه نبود و برای نخستین بار مطرح نمی‌شد؛ فرانسیس وال در انگلستان پنجاه سال قبل آن را مطرح کرده بود. فرانکلین حتی نخستین کسی هم نبود که به انجام این آزمایش اقدام کرد، اما نام او بر سر زبان‌ها افتاده است.

اثبات این نتیجه از این قرار است: در اینجا نیز مطابق با نظریه‌ی معمول، بار الکتریکی در امتداد ریسمان مرطوب بادبادک پایین می‌آید، یک باتری لید (**۱۷٤۵**) را باردار می‌کند و سبب می‌شود جرقه‌ای از یک کلید که روی ریسمان نصب شده بجهد و به دستش برسد. احتمالاً فرانکلین هرگز این کار را انجام نداده است، اما ظاهراً از خطرهای آن به خوبی آگاه بوده است. با همه‌ی این احوال، چه وی ادعایی را که کرد عملاً انجام داده و چه انجام نداده باشد، پس از کوتاه زمانی برای اکثر مردم آشکار شد که ماهیت آذرخش الکتریکی است و به جرقه‌هایی شباهت دارد که ماشین‌های الکتریکی (**۱۷۳۳**) رایج تولید می‌کنند، هرچند که مقیاس آن بسیار پر دامنه‌تر است. تندر صدای ترق و تروق جرقه‌ها ناشی از انبساط هوای داغ پیرامون جرقه است، که این جرقه‌ها در اینجا به شدت تقویت شده‌اند.

فرانکلین سال‌ها در حوزه ی الکتریسیته مطالعه کرده بود؛ در سال ۱۷٤٦ ایده‌ی جدیدی را در مورد ماهیت واقعی الکتریسیته پیش کشیده بود. فرانکلین به جای نظریه‌ای که نوله و دوفوی فرانسوی پرداخته بودند و بنا بر آن دو نوع الکتریسیته وجود دارد (**۱۷۳۳**)، یک مدل «تک سیال»[1] را مطرح و پیشنهاد کرد. به نظر و ادعای وی، فقط یک نوع بار وجود دارد، اما یک شیء می‌تواند بار زیادی داشته باشد یا به اندازه‌ی کافی بار نداشته باشد. در حالت اول، این شیء «بار مثبت» دارد «یا مثبت بار» است، و در حالت دوم «بار منفی» دارد یا «منفی بار» است. این ایده رایج شد، و در ظرف یک دهه‌ی بعدی فرانسیس اپینوس آن را بسط داد. به نظر وی، آثار الکتریکی نتیجه‌ی یک «سیال» الکتریکی‌اند (که فکر می‌کردند هیچ وزنی ندارد) که به نحوی ناموزون توزیع شده‌اند. این نظر در درازمدت نادرست از آب درآمد؛ نوله و دوفو به واقعیت نزدیک‌تر بودند. از نظر آن‌ها بارهای «مثبت» و «منفی» دو شکل جداگانه‌ی الکتریسیته‌اند (**تامسون، ۱۸۹۷**).

1. one fluid

کارل لینایوس: کاتالوگ حیات

۱۷۵۳

به یمن کارهای کارلوس لینایوس (یا کارل فون لینه) طبیعیدان سوئدی امروزه از نظام مدرن نام‌گذاری و طبقه‌بندی اشیای زنده برخورداریم. این نظام هنوز هم ــ هر چند با جرح و تعدیل‌های بسیار ــ که ۲۵۰ سال از معرفی و شناسایی نخستین بار آن می‌گذرد، کماکان به کار می‌رود. هر چند که لینایوس از کار بسیاری کسان دیگر (۱۷۳۰) بهره گرفت، می‌توان با قطعیت او را «پدر علم رده‌بندی»[1] نامید. انتشار شاهکارش در علم گیاه‌شناسی تحت عنوان *گونه‌های گیاهان*، در سال ۱۷۵۳ شاخص اراده‌های منظم برای آغاز «نظم جدید» نام‌گذاری گیاهان وجانوران به‌شمار می‌آید.

لینایوس که از همان نوجوانی به گیاهان کشش داشت، و در آغاز روی به کلیسا یا علم طب آورد، از سال ۱۷٤۱ تا هنگام مرگش، تقریباً چهل سال بعد، در دانشگاه اوپسالا استاد گیاه‌شناسی بود. وی به منظور گردآوری و رده‌بندی گیاهان، به سرتاسر اروپا، بخصوص شمال این قاره، به سفرهای زیادی دست زد. حاصل کار و تحقیقاتش یک رشته کتاب بود؛ مشهورترین کتاب‌هایش، *دستگاه طبیعت*[2]، در سال ۱۷۳۵ برای نخستین بار منتشر شد و از آن پس چاپ‌های متعددی از آن انتشار یافت.

لینه از طریق جای‌گذاری منظم و روش‌مند گونه‌ها و جنس‌ها در مجموعه‌های بزرگ‌تری از موجودات مشابه به نام راسته‌ها، رده‌ها و سلسله‌ها، طرح کلی رده بندی خود را گسترش و تعمیم داد. به این ترتیب سلسله‌ی حیوانات یا جانوران شامل رده‌ی مهره‌داران (تمامی حیوانات دارای ستون فقرات) می‌شد، که این‌ها نیز به نوبه‌ی خود مشتمل بودند بر راسته‌ی نخستی‌ها، که جنس *انسان و گونه‌های اندیشه‌ورز* را در بر می‌گیرند، و به این ترتیب نام «انسان خردمند» به بنی آدم اطلاق می‌شود.

ترازهای دیگری تاکنون به این سلسله مراتب افزوده شده که درجه‌های دیگری از خویشاوندی را نمایش می‌دهند. بسیاری از نام‌هایی که لینایوس گذاشت دیری است که جای خود را به نام‌های دیگری سپرده که بر پایه‌ی مشخصه‌های دیگری استوارند، اما نظام یا دستگاه دو اسمی و آرایش سلسله مراتبی او کماکان تا امروز محور رده‌بندی موجودات زنده را تشکیل می‌دهند. لینه در اوایل تصور می‌کرد که گونه‌ها ثابت و تغییرناپذیرند. در اواخر عمرش از این موضوع چندان مطمئن نبود، و پی برد که دورگه‌ها می‌توانند مابین گونه‌ها و حتی جنس‌ها شکل بگیرند. اما مفهوم و

---
1. taxonomy
2. *Systema Naturae*

درک چارلز داروین نسبت به تکامل نامحدود (**۱۸۵۹**) بدون هدایت الهی می‌توانست تمامی پایه‌های اعتقادات مذهبی او را به لرزش درآورد (اگر زنده می‌ماند و این ایده‌ها را می‌شنید!!)

لینه از طریق دانشجویانش، که نوزده نفر از آنان به سفرهای اکتشافی رفتند، میراث دیگری هم بر جای نهاد. از جمله‌ی این دانشجویان یکی هم دانیل سولاندر بود که با جیمز کوک (**۱۷۶۹**) همراه شد و نخستین گونه‌های گیاهی استرالیا و اقیانوس آرام جنوبی را با خود به اروپا آورد. **◄◄ ۱۷۵۷**

رده‌بندی موجودات زنده: برخی نمونه‌ها				
	انسان	**گربه‌ی خانگی**	**مگس**	**گل آفتابگردان**
سلسله		حیوانات (جانوران)		گیاهان
شاخه (بخش)	مازه‌داران (دارای رشته‌ی بی‌نخاع)		بندپایان (با اندام حرکتی بندبندی)	نهاندانگان (گل‌دار)
رده	پستانداران		حشرات (با شش پا)	گیاهان دو لپه‌ای (با دو برگچه یا لپه‌دانه)
راسته	نخستی‌ها (مهم‌ترین حیوانات)	گوشتخواران	دو بالان (پرندگان حقیقی)	اختریان
تیره	انسان و میمون‌های بزرگ	تمامی انواع گربه	پرندگان دو بال	مرکبان (گل مروارید و آفتابگردان)
جنس و گونه	انسان اندیشه‌ورز	گربه‌ی خانگی	موش خانگی	آفتابگردان

این سبک جدید رده‌بندی از کارهای لینایوس (لینه) ناشی و نتیجه شد. برای یادآوری نظم رده‌بندی‌ها این عبارت را همیشه به یاد داشته باشید: "Kings Play Chess On Fine Glass Surfaces" (شاهان بر رویه‌های ظریف شیشه‌ای شطرنج بازی می‌کنند). حرف نخست هر کلمه‌ی این عبارت همان حرف اول هر رده است.[1] گروه‌بندی‌های بالا در سلسله‌ی گیاهان را غالباً به جای شاخه، بخش می‌نامند. این مثال‌ها نمایانگر یکی از متداول‌ترین روش‌های رده بندی گیاهان‌اند.

---

۱. Kingdom (سلسله)؛ Phylum (شاخه)؛ Class (رده)؛ Order (راسته)؛ Family (تیره)؛ و Genusand Species (جنس و گونه).

جوزف بلك و «هوای ثابت»

۱۷۵۴ جوزف بلک پزشک و استاد پزشکی پر مشغله‌ای اهل گلاسکو بود که از جمله‌ی مریض‌هایش دیوید هیوم فیلسوف را می‌توان یاد کرد و پرستار دوران کودکی والتر اسکاتِ نویسنده هم بود. وی ازدواج نکرد، از اعضای دائمی باشگاه‌ها بود، فلوت را با استادی می‌نواخت و آن طور که گفته‌اند «محبوب خانم‌ها» بود. با همه‌ی این‌ها باز هم اوقاتی را به تحقیق و پژوهش اختصاص می‌داد و حتی شیمیدان بزرگ فرانسوی، آنتوان لاووازیه، او را یکی از بنیادگذاران شیمی دانسته است.

در سال ۱۷۵٤، طی پایان‌نامه‌ی دکتری‌اش، خبر داد که آلبامنیزی کانی (که در نزد پزشکان در حکم ضد اسید و مُلیّن به خوبی شناخته شده است) و کانی‌های مشابهی چون سنگ آهک یا «گِل سفید» را شدیداً گرما داده است. بلک مشاهده کرد که این کانی‌ها قسمت عمده‌یِ وزن‌شان را بر اثر حرارت دیدن از دست داده‌اند و نتیجه گرفت که مقداری «هوای» نامرئی بر اثر حرارت از آن‌ها خارج شده است. این را هم در آن موقع می‌دانستند که وقتی این مواد به درون اسیدها انداخته می‌شدند اسید می‌جوشید و کف می‌کرد، و ظاهراً مقداری گاز به بیرون می‌داد.

بلک مقداری از این گازها را جمع‌آوری کرد و آن را «هوای ثابت یا محبوس» نامید، شاید به این علت که این هوا در داخل کانی‌ها «ثابت» و «محبوس» بوده‌اند و صرفاً بر اثر گرما یا با تأثیر اسید آزاد می‌شدند. وی پی برد که «هوای محبوس» کاملاً با هوای معمولی نامتشابه است. شمع در مجاورت یا درون آن نمی‌سوزد، و موشی که در حبابی بسته و پر از این گاز قرار گیرد به سرعت می‌میرد. این گاز خیلی به «گاز درخت یا جنگل» شبیه به نظر می‌رسید که یان فون هلمونت هلندی یکصد سال پیش‌تر (۱٦٤٤) پی برده بود که بر اثر سوختن چوب متصاعد می‌شود. این موضوع ادراک و شناخت مهمی به‌شمار می‌آمد. اگر همان گاز از یک کانی و از چیزی که زمانی زنده بود بیرون می‌آمد، می‌توانست اجزای جاندار و بی‌جان طبیعتی باشد که به آن مرتبط می‌شده.

حرارت دادن سنگ آهک، «آهک زنده یا آهک بدون آب» بر جای می‌نهاد. بلک پی برد که هر گاه آهک زنده را در هوای آزاد داخل آزمایشگاه قرار می‌داد به کندی دوباره به سنگ آهک بدل می‌شد. از اینجا این نظر را پیشنهاد کرد که هوای معمولی همواره حاوی مقداری «هوای محبوس یا ثابت» است و بنابراین نه یک ماده‌ی تک و یگانه («عنصر»)، بلکه یک آمیزه و مخلوط است. این موضوع به یک راه ساده‌ی آزمودن گاز هدایت شد. اگر در آبی که آهک زنده در آن حل شده بود («آب آهک») می‌جوشید،

آب به رنگ سفید می‌گراید زیرا مجدداً ذرات سنگ آهک تشکیل می‌شدند. امروزه، گاز بلک را کربن دیوکسید می‌گویند. « ۱۷۶۱

$$CaCO_3 + 2HCl \longrightarrow CO_2 + H_2O + CaCl_2$$

کلسیم کربنات (سنگ آهک / گل سفید) — هیدروکلروریک اسید — کربن دیوکسید — آب — کلسیم کلراید

$$CaCO_3 \xrightarrow{\text{گرما}} CO_2 + CaO$$

کلسیم اکسید (آهک زنده)

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$$

کلسیم هیدروکسید (آهک کشته)

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow H_2O + CaCO_3$$

آب آهک — رسوب سفید

این معادلات شیمیایی با اصطلاحات جدید مواد شیمیایی نشان می‌دهند که چگونه ژوزف بلک کشف کرد که سنگ آهک و ترکیب‌های مشابه وقتی حرارت داده شوند و یا اسیدها بر آن‌ها اثر کنند، گاز کربن دیوکسید رها می‌کنند. وقتی کربن دیوکسید از داخل «آهک زنده» عبور داده می‌شود، این محلول به رنگ شیری می‌گراید که ناشی از تشکیل کلسیم کربنات است.

ویرانی لیسبون

۱۷۵۵ در روز اول نوامبر ۱۷۵۵ شهر لیسبون، پایتخت پرتغال، بر اثر شاید بزرگ‌ترین و مرگبارترین زمین‌لرزه‌ای که در تاریخ ثبت شده، به کلی نابود شد. یک‌سوم جمعیت شهر، ۹۰،۰۰۰ نفر، در دم یا اندکی بعد جان باختند. موج کشندی دریا و آتش‌سوزی پیامد این زمین‌لرزه خسارت‌ها را چندین برابر کرد. قسمت اعظم جنوب پرتغال ویران و کشته‌ها بر جای نهاده شد. این مصیبتی خارج از تصور بود.

اما، بعد از این فاجعه اتفاقات خیری هم پیش آمد. نخست وزیر اسپانیایی این کشور تحقیقاتی در سطح این سرزمین درباره‌ی پیامد زمین‌لرزه به راه انداخت. هر ناحیه و بخشی ملزم بود درباره‌ی مدت زمان دوام زمین‌لرزه، تعداد پس‌لرزه‌ها و نوع خسارت‌های وارد آمده گزارش دهد. گزارش‌های تِزکس، نخستین گزارش‌ها از نوع خود، هنوز هم موجودند و به خبرگان امروزی این امکان را بخشیده‌اند که این زمین‌لرزه را بازسازی کنند. شدت این زمین‌لرزه را نُه در مقیاس ریشتر (**۱۹۳۵**) برآورد

می‌کنند، که شدیدتر از هر زمین‌لرزه‌ای است که تاکنون اتفاق افتاده است.

نیز از نواحی و بخش‌ها خواسته شد درباره‌ی هر گونه رفتار عجیب و غریب حیوانات و جانوران هم گزارش دهند، زیرا بنا بر باورهای همگانی حیوانات می‌توانند وقوع زمین‌لرزه را پیش‌بینی کنند، و نیز درباره‌ی هر گونه تغییرات سطح آب چاه‌ها گزارش دهند. از همان موقع مردم در این فکر بودند که شاید بتوان از طریق پایش و نظارت بر این نشانه‌ها وقوع زمین‌لرزه را پیش‌بینی کنند.

لیسبون بازسازی شده حاوی نخستین بناهای مقاوم در برابر زمین‌لرزه بود. مدل‌های چوبی ساختمان‌های طراحی شده را از لحاظ پایداریشان از طریق به لرزه درآوردنشان با قدم‌های سربازان در حال قدم‌رو رفتن، می‌آزمودند.

سبب این مصیبت چه بود؟ فکر غالب، که کلیسا به آن دامن می‌زد، آن را کار خداوند می‌دانست، که شاید نمایانگر خشم او بر علیه بدعت و بدعت‌گذاری باشد. از قرار معلوم کسانی را که مشکوک به بدعت‌گذاری بودند، در روزهای بعد از وقوع زلزله به محض رؤیت به دار آویختند. حدس و گمان‌های معقول‌تری هم به میان آمد. در سال ۱۷۶۰، جان میچل، کشیش و روحانی انگلیسی که در حوزه‌ی علم بسی پر کار و فعال بود، در صحن انجمن سلطنتی لندن اظهار داشت که منشأ زمین‌لرزه در ساییدن لایه‌های سنگ مدفون در اعماق زمین بر روی یکدیگر، شاید تحت تأثیر آب، باشد. در نزد دیگران، قدرت زمین‌لرزه‌ها، مانند شدت فوران‌های آتشفشانی، انرژی عظیم نهفته در درون زمین را نشان می‌داد، که با منبعی از گرمای درونی زمین پیوند و ارتباط داشت.

کارل لینایوس: نظام طبیعت

۱۷۵۷ کارل فون لینه(به لاتینی، لینایوس) طبیعیدان سوئدی رده‌بندی‌کننده‌ای مهارناپذیر بود، که برای هر چیزی در نظم طبیعی نام و مکانی می‌جست. کتابش *دستگاه طبیعت*، که در سال ۱۷۵۷ به ویراست دهم رسید، نه تنها تمامی گیاهان و جانوران شناخته‌شده را در بر می‌گیرد، بلکه مشتمل بر کانی‌ها و سنگ‌های قیمتی، چهار عنصر یونان باستان، اجرام آسمانی شناخته شده، انسان یا نوع بشر، آنچه که او آن را «خردمند» می‌نامید، و «روش علمی» (یعنی، روش‌های طبقه‌بندی) و حتی خداوند به عنوان خالق همه چیز در آن فهرست نیز هست (لینه پرشورانه به پرورش لوتری خود می‌بالید).

نظم بخشیدن به کانی‌ها، مانند طبقه‌بندی کردن بیماری‌ها، که لینه‌ی پزشک در فرصت دیگری دست به کار آن شد، هدر رفتن وقت بود. وی برای رده‌بندی کانی‌ها جز رنگ، برق و تلألو و شکل بلورهای کانی چیزی در اختیار نداشت. وی در این باب که در داخل آن‌ها چه چیزی هست (ترکیب شیمیایی‌شان) هیچ ایده‌ای نداشت؛ این نوع تحلیل ده‌ها سال بعد تازه راه افتاد، هر چند نکته‌ی جالب این است که هم‌وطنان سوئدی‌اش چون کارل شِله در این موضوع نقش عمده‌ای بازی کردند. حتی رده‌بندی بر طبق شکافت یا رَخ[1] (۱۷۸٤) و مقیاس مفید سختی موس (۱۸۲۰) هنوز هم در دسترس و مطرح نشده بود.

لینه باید برای تشریح تمام گیاهان و جانوران شناخته شده، که شمار آن‌ها همان وقت هم بسیار زیاد و به سرعت رو به افزایش بود، نامی می‌یافت. وی نه تنها بر زبان لاتین تسلط داشت، که هنوز هم زبان علمی اروپای شمالی به‌شمار می‌رفت (انگلستان و فرانسه در نوشتن مطالب علمی زبان بومی خود را اختیار کرده بودند)، بلکه زبان یونانی باستان را هم به خوبی می‌دانست. زبان اخیر پس از قرن‌ها تیرگی در پی دو دستگی قرن یازدهم بین جناح‌های لاتین و یونانی کلیسا، باز هم در دانشگاه‌ها شروع به تدریس و یادگیری شده بودند.

وی در زمینه‌ی تعریف دقیق اصطلاحاتی که برای تشریح ظاهر و ساختار گیاهان و جانوران و محل زندگی آن‌ها به کار می‌برد، نیز بسی تلاش کرد. این کار از نوع وقتی بود که آنتوان لاووازیه، شیمیدان فرانسوی، و دوستانش برای یافتن نام مواد شیمیایی در سی سال بعد به خرج دادند (۱۷۸۷). این تلاش‌ها با تشخیص و بازشناسی رو به رشدی در حوزه‌ی علم سازگار بود که اندازه‌گیری را مهم می‌شمردند، دقت در مشاهده و ثبت را تعیین‌کننده می‌دانستند و توافقی همه‌جانبه در این مورد برقرار بود که وجود «زبان علم» برای پیشرفت امری اساسی است.

جان دولند: پاک کردن منظر ستارگان

۱۷۵۸

دانشمندان در ضمن کاربرد میکروسکوپ و تلسکوپ در نیمه‌ی سده‌ی هجدهم از نقص‌ها و کمبودهای حتی بهترین ابزار و آلات زمانه دچار سرخوردگی می‌شدند. یکی از مشکلات عبارت بود از فریزهای رنگی محور تیره و تار در اطراف تصویر، که رصد و مشاهده‌ی مطلوب را دشوار می‌کرد. این «ابیراهی

1. cleavage

رنگی» نتیجه‌ی رنگ‌های مختلفی از نور بود که با عبور از عدسی‌ها به مقادیر متفاوتی خم می‌شدند. برای فائق آمدن بر این مشکل بود که آیزاک نیوتون برای نخستین بار تلسکوپ «بازتابی» را ساخت که در آن به جای عدسی برای گردآوری نور، از آینه استفاده می‌کرد (۱٦۷۲).

قهرمان این کار در آن زمان جان دولند، پسر یک بافنده‌ی هوگنو[۱] در شرق لندن بود. وی خودش هم مدتی بافندگی می‌کرد تا این‌که به اتفاق پسرش در سال ۱۷۵۲ حرفه‌ی ساختن ابزار نوری را در پیش گرفت.

ظاهراً راه حل مشکل پیش‌گفته را نخستین‌بار شخصی به نام چستر مورهال، «نجیب‌ـ زاده‌ای» اهل اسکس پیشنهاد کرده بود. وی استدلال کرد که اجزای متفاوت چشم آدمی پرتوهای نور را به نحوی می‌شکنند که تصویری بدون رنگ پدید می‌آید. شاید ترکیب کردن عدسی‌های متشکل از مواد مختلف، چون آب و شیشه، که نور را به مقادیر مختلفی خم می‌کنند، همین اثر را داشته باشد. هال، در حکم مرد راه و روش‌های مستقل، احتمالاً نسبت به نام و آوازه بی‌تفاوت بود؛ دست‌کم هیچ زحمتی به خود نمی‌داد که ابداع و اختراع خود را به جهان بشناساند و معرفی کند.

وقتی جان دولند ایده و نظر هال را شنید، نسبت به آن تردیدهایی ابراز داشت. به نظرش می‌رسید این نظر با ایده‌های نیوتون تعارض‌هایی داشته باشد، اما شروع به آزمایش کرد. پس از کوتاه زمانی با ترکیب آب و شیشه به توفیق دست یافت، و با ترکیب شیشه‌های مختلف مانند «شیشه‌ی اشک یا کراون» و «شیشه‌ی بلوری» در عمل آزمایش‌های بیشتری انجام داد. تا سال ۱۷۵۸ عدسی‌های «نافام» او بدون فریزهای رنگی پر دردسر و مسئله‌ساز بودند. وی با حق‌شناسی مشاهده‌گران مواجه شد و نشان کامپلی را نیز از انجمن سلطنتی دریافت کرد. وی دو سال بعد به عضویت این انجمن درآمد و در سال ۱۷٦۱ سمت عینک‌ساز شاه را یافت.

به این ترتیب سخت‌کوشی و پایمردی او هم برای خودش و هم برای علم نیکو و پر ثمر از کار درآمد. اختراع و نوآوری وی تلسکوپ‌ها را با عدسی مجهز کرد، به گونه‌ای که این عدسی‌ها از نور دریافتی بهتر بهره می‌گرفتند. زیست‌شناسان باز هم با میکروسکوپ‌های («مرکب») چند عدسی راحت‌تر شدند؛ در خلال نیم قرن بزرگ‌نمایی میکروسکوپ‌ها هزار برابر شد. هم جهان هستی (عالم) و هم جهان صغیر هر چه بیشتر از راز و رمزهای خود را عرضه و آشکار کردند.

---

۱. Huguenot، پروتستان کالونی فرانسه.

کاسپار وولف: پیروزی «پس‌زایش‌شناسان»

۱۷۵۹ تکامل و تکوین انسان و سایر حیوانات از آبستنی تا زایش صدها سال محل مباحثه بوده است. ویلیام هاروی، پزشک انگلیسی، که بابت شناخت و بینش‌اش در امر گردش خون (۱۶۱۶) بسی نامبردار است، درباره‌ی مبحثی که آن را «پس‌زایش» نامید، بحث می‌کرد. ماده‌ی مبهمی به نام «ماده‌ی زایشی» را در تخمک تصور می‌کردند که گونه‌های ماده تولید می‌کنند. هرگاه تخمک به نحوی با منی گونه‌ی نَر متأثر شود، شروع به شکل‌گیری می‌کند، و دست و پا و اندام‌های گوناگون برای زایش آماده می‌شوند. در مورد جانوران هم وضع به همین گونه است. هاروی اعلام کرد «همه چیز از تخمک‌ها ناشی می‌شوند.»[1]

نظر مخالفی از جانب «پیش‌ریختارشناسان»[2] عنوان شد. بنا بر استدلال آنان نوزاد با جزئیات در شکل میکروسکوپی در تخمک کاملِ می‌شود (اصطلاح آن زمان برای این مفهوم «گنجیده» بود.) و در طول بارداری صرفاً اندازه‌ی آن بزرگ می‌شود و رشد می‌کند. شاهد و گواه حقیقی و عینی برای این ادعا وجود نداشت. میکروسکوپ‌های آن زمان نمی‌توانستند چنین چیزی را ببینند؛ در واقع تخمک یا «یاخته‌ی تخم» حتی دیده هم نشده بود.

در سال ۱۶۷۳ آنتونی فن لونهوک هلندی اسپرماتوزوئید را در منی کشف کرد. از این کشف نظریه‌ی جدیدی نَاشَی شد که بنا بر آن انسان پیش‌ریختار در مَنی وجود دارد، شاید به صورت یک «آدمک» یا «کوتوله‌ی» بالغِ ریز. لونهوک این موجودات ریز گوناگون را که کشف کرده بود «جانوران ذره‌بینی» نام نهاد، و به این ترتیب پیروان و هواداران این نگرش «جانورشناسان ذره‌بینی» نام گرفتند. «تخمک‌شناسان» بر این نظر بودند که انسان پیش‌ریختار در تخمک وجود دارد، و افراطیون این نحله‌ی فکری اعلام می‌کردند که هر عضوی از نژاد آدمی به صورت پیش‌ریختار در درون تخمک‌های نخستین زن، حوا، قرار داده شده است.

مشاهدات دقیق به جا افتادن این موضوع کمک کرد. در حدود سال ۱۷۵۹ گاسپار وولف آلمانی جنین جوجه را که در داخل تخم‌مرغ بارور شده (لقاح یافته) به وجود آمده بود، مطالعه کرد. جوجه‌ها همان موقع هم به بار آمده بودند و مطالعه روی آن‌ها آسان، و بنابراین پر طرفدار بود. آشکار بود که هاروی و «پس‌زایش‌شناسان» به حقیقت امر نزدیک‌تر بودند. هیچ جوجه‌ای از آغاز به طور کامل وجود نداشت، بلکه بافتی به

---

۱. وی این عبارت را به لاتین بیان کرد: *Omnia ex ova*.

2. Pre-pormists

هم پیوسته بود که به تدریج ظاهر و صفات جوجه را در فرایند رشد به وجود می‌آورد و تکامل می‌بخشید. وی استدلال می‌کرد که همین امر در مورد آدمی هم صادق است، و بررسی‌های جنین‌هایی که خودبه‌خود سقط شده بودند به تدریج شواهد لازم را فراهم آوردند.

اما پرسش دیگری کماکان بی‌پاسخ باقی ماند. نقش تخمک و نطفه (اسپرم) نسبت به یکدیگر چیست؟ نطفه (اسپرم) به نحوی تخمک را برمی‌انگیزد تا تکامل و تکوین یابد. اما همه‌ی ماجرا همین بود؟ پاسخ این پرسش ماند تا در قرن نوزدهم داده شود.

جووانی آردوئینو سنگ‌ها را سامان می‌دهد

۱۷۵۹ در نزد ساکنان شمال ایتالیا مانند جووانی آردوئینوی اهل ورونا، رشته کوه‌های آلپ هرگز دوردست نبوده است. هر کسی با علاقه و توجهی به سنگ و صخره‌ها به سوی آن‌ها کشیده می‌شد، با سطوح پرتگاه عظیم‌شان که از لایه‌های روی هم انواع مختلف سنگ‌ها درست شده بودند. برای این امر دلایل عملی دیگری هم وجود داشت. ایتالیا نسبت به سرزمین‌های دیگر از کانی‌ها و مواد معدنی کم‌تری بهره‌مند و برخوردار بود. آردوئینو به معدن‌کاری، و از این رو به جستار و کاوش در انواع سنگ‌هایی که نهشته‌های مفید در آن‌ها یافت می‌شد، علاقمند بود. همین امر او را به تلاش در راه طبقه‌بندی کردن گروه‌های عمده‌ی سنگ‌هایی هدایت کرد که در سطوح صخره‌ای و پرتگاه‌ها و دیواره‌ی چاه معادن ظاهر می‌شدند، و در این راه از ظاهر سنگ‌ها و وقوع سنگواره‌ها به عنوان نشانه بهره گرفت.

آردوئینو با سود جستن از نظریه‌ای یک قرنی که نیوکلا استنو (**١٦٦٧**) پرداخته بود و بر پایه‌ی آن لایه‌های سنگ روی هم قرار گرفته‌اند که دیرینه‌ترین‌شان در ته واقع شده، یک طبقه‌بندی اساسی را مطرح کرد که نخستین‌بار در ۱۷۵۹ انتشار یافت. پایین‌ترین و دیرینه‌ترین سنگ‌ها را «اولیه» نام نهادند؛ این سنگ‌ها فاقد هرگونه سنگواره‌ای بودند. در بالای آن ها لایه (یا چینه)ی «ثانویه» قرار می‌گرفتند، که غالباً نسبت به خط افق مورب و عموماً از سنگواره غنی بودند. لایه‌های «سومی» بالاتر از سنگواره غنی اما معمولاً افقی بودند. سنگ‌های «چهارم» یا کواترنر بالاتر از همه جدیدترین لایه به‌شمار می‌آمدند و معمولاً شامل گدازه‌های آتشفشانی سخت و منجمد یا بسترهای ماسه‌سنگ یا سنگ رس بودند که به نحو بارزی در ته برخی اقیانوس‌ها یا دریاچه‌ها قرار داشتند.

سیستمی ساده بود اما به نحو گسترده‌ای پذیرش همگانی یافت. برخی اصطلاحات آردوئینو هنوز هم به کار می‌روند. محققان بعداً دلایلی یافتند تا گروه‌های عمده را باز هم تقسیم کنند، و به آن‌ها نام‌هایی دهند که معمولاً با مکان‌هایی مرتبط بودند که رخنمون‌های دائمی را تشکیل می‌دادند. به این ترتیب سنگ‌های دوره‌ی «دوئین»، حاوی سنگواره‌های زیادی از ماهیان اولیه، به آسانی در دِوُن، انگلستان، یافت شدند. سنگ‌های دوره‌ی «سیلورین»، لایه‌ی پایین‌تر بعدی، نخستین بار در منطقه‌ای در بریتانیا بررسی و مطالعه شد که زمانی قبیله‌ای به نام سیلورها در آنجا ساکن بودند. سنگ‌های دوره‌ی خیلی جدیدتر، «ژوراسیک»، صخره‌هایی را در کوهستان‌های ژورای سویس تشکیل می‌دهند، که از سنگواره‌های دایناسور بسیار غنی از آب درآمدند. و به همین ترتیب تا آخر. زمین‌شناسان امروزی صدها تقسیم‌بندی از این دست را باز شناخته‌اند.

یوزف کولرویتر: همه چیز درباره‌ی دورگه‌ها

۱۷۶۱ در سال ١٦٩٤ رودولف کامراریوس آلمانی، به نحوی مناقشه‌برانگیز، اعلام کرده بود که گیاهان برای تولید مثل کردن به مبادله‌ی گرده نیاز دارند؛ به زبان امروزی‌ها، گیاهان «آمیزش جنسی می‌کنند». شصت سال بعد، هم‌وطنش یوزف کولرویتر، مدیر باغ‌های گیاه‌شناسی در کالسروهه، گام دیگری در این راه برداشت. وی نخستین کسی بود که اعلام کرد گل‌ها صرفاً برای جذب کردن حشرات و پرندگان شهد تولید می‌کنند، که گرده‌افشانی از پیامدهای آگاهانه‌ی، هر چند اتفاقیِ، آن است. کریستیان اشپرنگل، یک آلمانی دیگر، مدیر مدرسه‌ای در اسپاندا، اظهار داشت که صفتی در گل ــ شکل، رنگ، بو و مانند آن‌ها ــ طراحی می‌شود تا احتمال رسیدن گرده به مقصدش را به حداکثر برساند.

کلرویتر با این معما مواجه شد که چرا گیاهان گرده‌ی بسیار زیادی می‌سازند. میلیون‌ها، و حتی میلیاردها، دانه‌ی گرده رها می‌شوند، بدون این‌که ظاهراً فایده‌ای داشته باشند. کلرویتر نظر داد که گرده‌ی هر گل مجزاست، و می‌تواند فقط گیاهانی چون گیاهی را که از آن تکثیر شده یا شاید گیاهی با نسبت خیلی نزدیک را بارور کند. اگر این دو گیاه خیلی با هم تفاوت داشته باشند، هیچگونه زاد و ولدی در کار نخواهد بود، یا این‌که زاده‌ها قادر به تولید مثل نیستند. یک نمونه‌ی چشمگیر از این موضوع کلی بود که توماس فرچایلد، باغبان انگلیسی، در سال ۱۷۱۹ پرورش داده و تولید کرده بود. وی گل میخک و قرنفل را با هم پیوند زد. گیاه نازای حاصل را «قاطر

فرچایلد»[1] لقب دادند.

کلرویتر از اینجا به کشف قواعدی درباره‌ی چنین دورگه‌هایی هدایت شد. وقتی گرده‌ی یک گیاه برای بارور کردن یک خویشاوند نزدیک (با فرض ممکن بودن این امر) به کار گرفته می‌شود، زاده‌ی حاصل دارای مشخصه‌هایی از هر گیاه خواهد بود، که نشان می‌دهد هم تخمک (اندام تولید مثل جنس ماده) و هم گرده به شکل‌گیری نسل بعدی کمک می‌کنند. وی پی برد که می‌تواند یک گونه‌ی گیاه توتون را از طریق گرده‌افشانی غیرمستقیم مداوم زاده، نسل در پی نسل، فقط با گرده‌ی برگرفته شده از گونه‌ی دوم، به گونه‌ی دیگری تبدیل کند.

وی «قدرت و توانایی دورگه» را هم نشان داد: زاده‌ی حاصل از گرده‌افشانی غیرمستقیم بین دو گونه عموماً در برابر شرایط نامساعد قوی‌تر و مقاوم‌تر است. همین توجه بوده است که گریگور مندل راهب را به تکرار و گسترش این کارها در یک قرن بعد (**۱۸٦٥**) هدایت کرد. اشپرنگل نشان داد که دورگه‌گیری (لقاح متقابل) همواره ادامه پیدا می‌کند: چارلز داروین (**۱۸۵۹**) بعداً نشان داد که گرده‌افشانی غیرمستقیم، و آمیختگی مشخصه‌هایی که از این راه به بار می‌آید، نیروی محرکه‌ای اساسی در تکامل است.

عبور نصف‌النهاری زهره (ناهید)

۱۷۶۱ در ششم ژوئن ۱۷٦۱، و بار دیگر در سوم ژوئن ۱۷٦۹، سیاره‌ی زهره در حالی از مقابل خورشید گذر کرد که از زمین دیده می‌شد. نیم قرن پیش از آن، ادموند هالی ستاره‌شناس انگلیسی اظهار داشته بود که سنجش حساب شده‌ی زمان دقیقی که برای این عبور نصف‌النهاری زهره سپری می‌شود، در حالی که به طور همزمان از مکان‌هایی با پراکندگی گسترده مشاهده و رصد شود، می‌تواند برای اندازه‌گیری فاصله‌ی زمین تا خورشید به کار رود، و به این ترتیب بتوان اندازه و ابعاد منظومه‌ی شمسی را تأیید کرد (**کاسینی ۱٦۷۲**).

در نخستین اقدام علمی بین‌المللی تاریخ، شبکه‌هایی متشکل از بیش از ٦۰ ایستگاه از جانب فرهنگستان فرانسه و انجمن سلطنتی لندن هماهنگ شدند تا دو عبور نصف‌النهاری را مشاهده کنند. اولی در حالی اتفاق افتاد که انگلستان و فرانسه در حال جنگ بودند! مشاهده‌گران و رصدگران تمامی خاک اروپا، در سن پترزبورگ

1. Fairchild Mule

روسیه و در مکان‌های دوردست واقع در سنت هلن، لاپلند، هندوستان، سیبری، آفریقای جنوبی، کانادا، مکزیک و موریس را پیمودند. جیمز کوک و هیئت همراهش عبور **۱۷٦۹** از تاهیتی را مشاهده کردند. تمامی این‌ها هیئت‌های اکتشافی عمده‌ای بودند، که راصدان در آن مأموریت‌ها سلامتی و حتی جان خود را در محیط‌های دشوار و سخت‌گذر به خطر انداخته بودند.

این دستاوردی خارق‌العاده بود. بسیاری از رصدگران و ناظران با اطلاعات بسیار پر ارزشی بازگشتند، در حالی که مدت زمان عبور هفت ساعته‌ای را با اختلاف دو ثانیه اندازه‌گیری کرده بودند. آنان عرض و طول جغرافیایی مکان‌های رصد را هم محاسبه کردند، که انجام آن پیش از دسترس قرار گرفتن زمان‌سنج جان هریسون (**۱۷٦۵**)، بسیار دشوار و طاقت‌فرسا بود.

نتیجه‌ای که به دست آمد به زحمتش می‌ارزید. با ترکیب کردن بهترین نتایج حاصل از دو عبور نصف‌النهاری، عددی کم‌تر از ۱۵۰ میلیون کیلومتر برای فاصله‌ی زمین تا خورشید، یعنی «یکای نجومی»[1]، به دست آمد. این رقم یک درصد نسبت به رقمی که امروزه پذیرفته شده، اختلاف دارد.

جوزف بلک و دو قلم گرمای نهان

۱۷۶۱

هر چه دماسنج‌ها (**۱۷٤۲**) پیوسته قابل اعتمادتر و مفیدتر می‌شدند، یافته‌های بنیادی درباره‌ی ماهیت گرما هم هرچه پردامنه‌تر می‌شد. جوزف بلک، پزشک اهل گلاسکو که از قبل هم به خاطر یافتن «هوای ثابت یا هوای تثبیت شده»[2]، کربن دیوکسید آکا (**۱۷٥٤**)، نام‌آور بود، در این حوزه هم پیشتازی می‌کرد. دو نگرش و بصیرت پر قدرتش را مشاهدات مستقل و همزمان یوهان ویلکه در آلمان و ژان دلوس در سویس، تأیید و تقویت کردند.

وی، مانند افراد دیگری پیش از آن، توجه کرد که وقتی یخ ذوب می‌شود یا آب می‌جوشد، دمایش ظاهراً تغییر نمی‌کند، علی‌رغم این‌که تمام گرمایی را که به آن‌ها داده می‌شد جذب می‌کردند. وی این پدیده را «گرمای نهان» نامید. وی با انجام آزمایش‌های دقیق مقدار گرمای مورد نیاز برای، مثلاً، جوشاندن مقدار معینی آب و تولید بخار را تعیین کرد، و پی برد که مقدار هم‌ارزی از گرما در هنگام میعان بخار و تبدیل شدن آن به آب، رها می‌شود. این نگرش توانمند بسیاری از رویدادهای

1. Astronomical unit (A.U)
2. fiaed air

طبیعت را توضیح می‌دهد: مثلاً، چرا خشک شدن عرق پوست را خنک می‌کند، و چرا میعان بخار آب در داخل ابر انرژی رها می‌کند و می‌تواند ابر را رشد دهد و «تُندرسر»[1] از آن بسازد.

وی به این نکته هم توجه کرد که وقتی مواد مختلف، مانند گستره‌ای از فلزات، گرم می‌شوند، دمای آن‌ها با آهنگ یکسانی بالا نمی‌رود. هر ماده مستلزم مقدار مشخصی گرما («گرمای ویژه») است تا دمایش، مثلاً، یک درجه بالاتر رود. این دریافت‌ها و استنباط‌ها جیمز وات، دوست بلک، را قادر ساخت تا اتلاف گرما در ماشین بخار جدیدش را کاهش دهد؛ یک چگالنده (کندانسور) جداگانه برای بخار در استوانه (سیلندر) و پیستون این امکان را فراهم می‌کرد تا در دمای یکسانی باقی بمانند. این دو نفر تفاوت بین گرما و دما یا، به زبان بلک، بین «کمیت گرما» و «شدت گرما» را نیز روشن کردند.

همه چیز هم روشن نشد. بر سر این‌که واقعاً گرما چیست مباحثه و جدل ادامه یافت (**۱۷۹۸**).

مارکوس پلنزیس: «هر بیماری جانور مخصوص به خود را دارد»

۱۷۶۲ برای این پرسش که «چرا بیمار می‌شویم؟»، پزشکان طی هزاران سال گستره‌ی دامنه‌داری از پاسخ‌ها را تدارک دیده‌اند. بعضی «عدم توازنی در چهار خِلط بدن» را مقصر و عامل عمده دانستند؛ این اعتقاد و باور به درمان‌هایی نامؤثر و گاه خطرناکی مانند خون‌گیری (حجامت) و پاک‌زی معده و روده (تجویز مسهل) می‌انجامید. کسانی دیگر ناخوشی‌ها، بخصوص امراض واگیردار، را به «فضای مسموم» هوای آلوده نسبت می‌دادند؛ به نظر می‌رسید که در نواحی مردابی و خانه‌های مرطوب و دم‌دار بیماری شایع‌تر است. هنوز هم بیماری مهلکی را «مالاریا» به معنای «هوای بَد» می‌نامیم.

کاربران اولیه‌ی میکروسکوپ، بخصوص آنتونی فون لونهوک هلندی (**۱۶۷۳**) موجودات زنده‌ی ریزی را در انواع بسیاری از مایعات پیدا کردند: آب برکه، بُزاق، محتویات روده‌ای، جرم بین دندان‌ها و مایعات در فرایند «فاسد شدن و بو گرفتن» غالباً مملو از «جانوران ذره‌بینی» تلقی می‌شدند. نخستین کسی که این‌ها را عامل بیماری دانست و معرفی کرد ظاهراً پزشکی در وین، مارکوس پلنزیس بود. وی در

1. thunderhead

نوشته‌اش به سال ۱۷٦۲ ابراز داشت که «بذرهای» بیماری‌های گوناگون در هوا یافت می‌شوند، اندامگان‌هایی مانند «موجودات ذره‌بینی»، اما با انواع فراوان. هر یک از این انواع، وقتی از طریق تنفس یا عمل بلع، وارد بدن شوند می‌توانند تکثیر شوند و بیماری خاصی را به بار آورند. پلنزیس می‌گفت: «هر بیماری اندامگان مخصوص خود را دارد.» این ایده مفهوم «بذرهای بیماری» را که دویست سال پیش از آن از جانب جیرولامو فراکاستورو (**۱۵۲٦**) مطرح شده بود، احیا کرد.

پلنزیس از زمانه‌ی خودش و از شواهد و مدارک، که چندان چیزی برای پشتیبانی از تأملات وی ارائه نمی‌دادند، بسی جلوتر بود. وی نمی‌توانست بین هیچ اندامگانی با یک بیماری خاص رابطه برقرار کند. اما این دفاع و حمایت سرانجام در قالب «نظریه‌ی میکروب» بیماری که یک قرن بعد به وسیله‌ی لویی پاستور و دیگران (**۱۸٦۲**) پرداخته شد، فراهم آمد و پای بر عرصه نهاد. پلنزیس، با سزاواری نخستین کسی بوده که اصطلاح «میکروب» را به کار برده است.

کجا هستم؟ (۲): چالش طول جغرافیایی

۱۷۶۵

در سال ۱۷۱٤ پارلمان بریتانیا قانون طول جغرافیایی را تصویب کرد. برای «کس یا کسانی که طول جغرافیایی را کشف کنند»، اگر طول جغرافیایی کشتی در دریا را بتوانند با دقت یک درجه تعیین کنند، ۲۰,۰۰۰ پوند، و اگر این دقت نیم درجه باشد، ٤۰,۰۰۰ پوند جایزه در نظر گرفته شد. این مبالغ در آن روز بسیار هنگفت بودند، اما موضوع بسیار مبرم بود. موارد کشتی‌شکستگی به نحو نگران کننده‌ای فراوان بود، عمدتاً به این علت که دریانوردان دقیقاً نمی‌دانستند در کجا هستند. در سال ۱۷۰۷ چنین فاجعه‌ای به هزینه‌ی غرق شدن چهار کشتی نیروی دریایی و هلاکت ۲۰۰۰ نفر تمام شد.

هر ناخدای کشتی می‌توانست به آسانی تمام عرض جغرافیایی خود را بیابد (**۱۷۳۱**) اما یافتن قابل اعتماد شرق یا غرب طول جغرافیایی بندر مبدأ حرکتش تا حد محال دشوار بود. از دیرباز راه حل این مشکل را، دست‌کم در اصول، می‌دانستند. ناخدا صرفاً زمان محلی‌اش (محل استقرار آن لحظه) را به کمک خورشید با زمان مبدأ در همان لحظه، مقایسه می‌کرد. هر اختلاف یک ساعت به معنای ۱۵ درجه اختلاف طول جغرافیایی بود.

اما در آن موقع در مبدأ ساعت چند بود؟ دو راه احتمالی برای یافتن آن وجود داشت. اما این هر دو راه و روش مشکلاتی داشتند، می‌شد هر جا را که ترک می‌کردند

ساعت آنجا را تعیین کنند، اما آیا وقت به اندازه‌ی کافی دقیق تعیین می‌شد؟ یا می شد از یک «ساعت» استفاده کرد که از هر دو نقطه قابل رؤیت باشد مثلاً چیزی باشد در آسمان. مثلاً، موضع ماه در میان ستارگان زمینه‌ی آسمان شبیه عقربه‌ی ساعت‌شمار است در میان ارقام روی صفحه‌ی ساعت. حرکت ماه نامنظم است، و به دلایل زیادی تند و کند می‌شود، و از این رو محاسبه‌ی جدول‌های لازم کار عظیمی بود، هرچند که آیزاک نیوتون (**۱٦۸۷**) نشان داده بود که این کار را چگونه می‌توان انجام داد. با همه‌ی این احوال، نویل مَسکیلین، منجم سلطنتی، نخستین *تقویم نجومی (سالنمای دریایی*[1] را در سال ۱۷٦۷ تدوین کرد (این سالنما از آن موقع تا کنون هر سال منتشر شده است)، که ملوان و ناخدایی در حد متوسط را به یافتن عرض جغرافیایی با دقت یک درجه (حدود یکصد کیلومتر) توانایی می‌بخشید.

موفقیت و پیشرفت مطلوبی بود، اما یک درودگر یورکشایری، جان هریسون، که به ساعت‌سازی روی آورده بود، کار بهتری انجام داد. وی نخستین مسیر را تعیین کرد، همان کاری که کریستیان هویگنس تلاش کرده بود که انجام دهد (**۱٦۵٦**). تا سال ۱۷٦۵ وی دستگاهی را ساخت که بسیار کسان آن را امری محال می پنداشتند — «زمان‌سنج» یا کرونومتری چندان قابل اعتماد بود که در ظرف یک سفر شش هفته‌ای کم‌تر از یک دقیقه جلو می‌افتاد یا عقب می رفت. با این ابزار طول جغرافیایی با خطایی پذیرفتنی به دست می‌آمد. ترفندهای حسادت‌آمیز در میان اعضای «هیئت تعیین طول جغرافیایی» به نحو رسوا و شرم‌آوری او را از دریافت جایزه‌اش محروم کرد، اما با مداخله‌ی پادشاه، سرانجام «طول جغرافیایی هریسون» هم جایزه‌اش را (دیرهنگام و در آستانه‌ی مرگش) دریافت کرد و هم در تاریخ ثبت شد.

دیوانگان بیرمنگام

۱۷٦۵ نیاز دانشمندان به گرد هم آمدن و تبادل اندیشه و نظر نه تنها موجب تشکیل انجمن سلطنتی لندن (**۱٦٦۲**) و فرهنگستان علوم فرانسه شد، بلکه انجمن قمری[2] در بیرمنگام را نیز پایه نهاد. این انجمن گروهی بسیار تخصصی‌تر بود، و تعداد اعضای آن هرگز از ۱٤ تجاوز نکرد. با همه‌ی این‌ها اعضایش چندان با نفوذ و جا افتاده بودند که این انجمن را «کانون اندیشه‌ی» (یا حتی «کمیته‌ی انقلابی») انقلاب صنعتی نام نهادند.

1. Nautical Almanac
2. Lunar Society

نشست‌های این انجمن در سال ۱۷٦٥، یک بار در هر ماه در شب‌های بَدر، آغاز شد. این جمع در خیابان‌های تاریک بیرمنگام با آرامش قدم می‌زدند؛ ویلیام مُرداک، یکی از اعضا، بعداً به پیشگام روشنایی خیابان‌ها با گاز شد. آنان معمولاً در سوهو، خانه‌ی متیو بولتونِ صاحب صنعت گرد می‌آمدند. اعضای اصلی عبارت بودند از: ژوزف پریستلی شیمیدان و روحانی، کاشف اکسیژن (**۱۷۷٤**)؛ اراسموس داروینِ حکیم (**۱۷۹٤**)، پدربزرگ چارلز داروین؛ جیمز وات، مخترع ماشین بخار و شریک تجاری بولتون؛ جوسایا وجوود استاد سفالگری؛ ویلیام ویدرینگ (**۱۷۸۵**)، پزشک پیشگام تجویز و مصرف گل اَنگشتانه (دیژیتال) برای درمان بیماری‌های قلبی؛ اصلاحگر آموزش و پیشگام تلگراف، ریچارد اجورث؛ و جیمز کِر، پیشگام صنایع صابون‌سازی.

در تاریخ انسانی به ندرت پیش آمده بود که چنین متفکران و روان‌های کارآفرینی در زیر یک سقف گرد آمده باشند. در حاشیه‌ی این گروه هسته چهره‌های پیشگام دیگری هم حضور داشتند: بنیامین فرانکلین آمریکایی (**۱۷۵۱**) و توماس جفرسون، رئیس جمهور آتی آن سرزمین؛ و جان سامی‌تونِ استاد مهندسی عمران، مخترع سیمان آب‌بند (سیمان هیدرولیکی) و سازنده‌ی فانوس دریایی ادی‌استون.

این مردان نگرانی‌ها و اشتیاق‌های خود را با هم در میان می‌نهادند. آنان که از لحاظ سیاسی آزادمنش (لیبرال) و غیرمذهبی بودند، با اهداف انقلاب‌های فرانسه و آمریکا (اگر نه به روش‌های آنان) همدلی داشتند. اما از سرمایه‌داری، مالکیت خصوصی و کسب و کار هم حمایت و هواخواهی می‌کردند. کاربرد علوم در حل مسائل و مشکلات صنعت از اعم گفتگو و کنش و اعمال آن‌ها بود ـ مسائلی چون ساخت کانال و نیاز به دقت در اوزان و مقادیر.

نشست‌های ماهانه ترکیبی بود از رفاقت و دوستی‌های عمیق و مقاصد و نیت‌های جدی؛ اعضا محیط را برانگیزاننده و خوش‌بینانه می‌یافتند و از روی بی‌قیدی و سرخوشی خودشان را «دیوانگان» می‌نامیدند. آنان صادقانه و خالصانه باور و اعتقاد داشتند که به بنا نهادن و ساخته شدن دنیایی بهتر از طریق دانش و شناختی که با کسب و کار پیوند خورده باشد، کمک می‌کنند؛ دنیایی که نیازهای مادی همگان بایستی از طریق صنایع متکی بر روشن‌بینی و فارغ از جهل و تعصب تأمین شوند. این انجمن واپسین نشست خود را در سال ۱۸۱۳ برگزار کرد. تا آن زمان تقریباً تمامی اعضای مؤسس انجمن درگذشته بودند، اما روح انجمن کماکان در کالبد آنان که باقی مانده بودند، زنده بود.

میخائیل لومونوسف: روسی گمنام

۱۷۶۵ میخائیل لومونوسُف نخستین دانشمند و با اهمیت واقعی اهل روسیه بود. وی اگر به جای سن پترزبورگ در لندن یا پاریس زیسته بود، یکی از نام‌آورترین دانشمندان آن روز شناخته می‌شد. بسی تلاش کرد تا به آن جایگاه دست یابد؛ مقالات پژوهشی وی نشان می‌دهندکه کارهای بسیاری از پژوهشگران دیگر را نسخه‌برداری یا حتی پیشگویی کرده است: آنتوان لاووازیه در انکار فلوژیستون (۱۷۷۵) و اعتقادش به پایستگی (بقای) ماده؛ جان دالتون در نظریه‌ی اتمی‌اش (۱۸۰۸)؛ دانیل برنولی در مبحث نظریه‌ی جنبشی گازها (۱۷۳۸) و بنیامین تامسون در زمینه‌ی گرما به مثابه حرکت (۱۷۹۸). نگرش او مبنی بر این‌که طبیعت دستخوش تکامل آهسته و پیوسته است، و ایستا و دستخوش خیزش منظم و با دوامی نیست، در بسیاری جهات با دیدگاه‌های جیمز هوتون (۱۷۷۸) منطبق است.

سیاهه‌ی بلندبالای دستاوردهای لومونوسف شامل کاتالوگ ۳۰۰۰ قلم کانی و نخستین مشاهدات انجماد فلز مایع جیوه است. وی همچنین نشان داد که منشأ خاک، تورب (ذغال سنگ نارس)، ذغال سنگ، نفت خام و کهربا به نحوی موجودات زنده است. وی استقلال و ناوابستگی با برخی از معاصرانش را حفظ کرد و عضو افتخاری فرهنگستان‌های علوم سوئد و بولونیا بود. اما قسمت اعظم کارهایش در خارج از سرزمین روسیه تا بعد از مرگش که در سال ۱۷٦٥، در ٥٤ سالگی اتفاق افتاد، ناشناخته باقی ماند.

لومونوسف، پسر یک ماهیگیر اهل شمال روسیه، برای تحصیل به آلمان فرستاده شد. وی وقتی به وطن خود بازگشت به استادی شیمی و بعداً ریاست دانشگاه سن پترزبورگ رسید. وی با اشتیاقی که به پیشرفت آموزش در روسیه داشت، به تأسیس دانشگاه ایالتی مسکو، که بعداً نام خود وی بر آن نهاده شد، یاری رساند. لومونوسف در فرهنگستان علوم سن پترزبورگ (که پتر کبیر آن را بنا نهاد)، در هنگامی که خارجیان بر آن سلطه و چیرگی داشتند، از اعضای سرشناس و برجسته به‌شمار می‌آمد.

پوشکین، شاعر و نویسنده‌ی برجسته‌ی روس، اظهار داشته است که لومونوسف «جامع تمام شاخه‌های دانش» است. وی قطعاً شعر هم می‌گفت (به سبک آلمانی، چون در آنجا زندگی کرده بود)، و دستور زبانی برای اصلاح زبان روسی نوشت؛ این دستور زبان گفتار روزمره‌ی روس‌ها را با زبان اسلاوی قدیم که در کلیسا به کار می رفت، ادغام و ترکیب می‌کرد. تاریخ روسیه‌ای که تألیف کرد، نخستین کتاب تاریخی بود که در این زمینه تا آن موقع به رشته‌ی تحریر درآمده بود؛ احیای هنر معرق روسی

تا حد بسیار زیادی مدیون اوست.

عبور نصف‌النهاری زهره در سال **۱۷۶۱**، چهار سال پیش از مرگ لومونوسف، او را با رصدگران این سیاره در همه جا پیوند داد. وی بنا بر اندازه‌گیری‌های خود تعیین کرد که زهره تقریباً هم‌اندازه‌ی زمین است و ظاهراً دارای جوّی هم هست، و اظهار داشت که لبه‌ی قرص این سیاره در مقابل خورشید تیره و تار به نظر می‌رسد.

هنری کاوندیش و «هوای قابل اشتعال» او

۱۷۶۶

هنری کاوندیش اشراف‌زاده و مردی ثروتمند، «ثروتمندترین دانشمندان و دانشمندترین ثروتمندان» بود. خانواده‌اش دوک دِوُن شایر و مالک عمارت اربابی (خانه‌ی ییلاقی) بزرگی در چَتس وُرث بود. این خانواده بعداً آزمایشگاه معروف کاوندیش در دانشگاه کمبریج را وقف کردند.

کاوندیش مردی مجرد، عجیب و غریب و منزوی و گوشه‌گیر بود، از زنان می‌هراسید و اصلاً به ظاهر خود توجه نمی‌کرد. وی احتمالاً به نشانگان اوزبرگر، شکلی از درخودماندگی (اوتیسم)، گرفتار بود. اما، در بسیاری از حوزه‌ها آزمایشگری درجه‌ی یک و بی‌همتا بود و فقط ۲۹ سال داشت که به عضویت انجمن سلطنتی درآمد، هرچند که قسمت اعظم کارها و آثارش در حیاتش منتشر نشدند.

کاوندیش کتابش درباره‌ی گازها را منتشر کرد. وی بخصوص توجه خود را معطوف گازی کرد که به صورت حباب از قطعات روی و آهنی که در ظرف اسید نهاده می‌شد، بیرون می‌آمد. وی نخستین کسی نبود که به این موضوع توجه کرد؛ پیش از وی پژوهشگرانی از جمله رابرت بویل، یکصد سال قبل (**۱۶۶۱**) و استفن هالز (**۱۷۲۷**)، به این امر پرداخته بودند. کاوندیش نخستین کسی بود که این موضوع را به طور جدی (از حدود سال ۱۷۶۶) مورد مطالعه قرار داد و از این رو معمولاً او را «کاشف» این گاز می‌دانند.

این «هوا» از برخی خواص نامنتظره برخوردار بود. اولاً، بسیار سبک بود؛ هرگز گازی تا آن هنگام کم چگال‌تر از آن یافت نشده بود. بالنی پر از این گاز برای نخستین بار در سال **۱۷۸۳** مردانی را تا ارتفاعی بسیار بالاتر از سطح زمین بالا برد. ثانیاً، بر خلاف سایر گازهای شناخته شده، هوای معمولی و کربن دیوکسید، گاز کاوندیش به شدت می‌سوخت. بنا بر خرد متعارف، که کاوندیش آن را پذیرفته بود، چیزها به این علت می‌سوختند که پر از «فلوژیستون» (**۱۷۲۳**) بودند. از این رو در واقع این «هوای

قابل اشتعال» چنان خوب می‌سوخت که کاوندیش به فکر افتاد فلوژیستون خالص را، که معجزه‌ای مشهور به‌شمار می‌آمد، کنار بگذارد.

کاوندیش به مدت ۲۰ سال روی گاز جدیدش کار کرد. وی در سال ۱۷۸۱ هوای قابل اشتعال را با هوای معمولی در یک ظرف درآمیخت و مخلوط را با یک جرقه آتش زد. جداره‌های داخلی ظرف پس از خنک شدن با «شبنم» پوشانده شده بودند که معلوم شد آب است. از اینجا بود که به این گاز نامی را دادند که امروزه هم ما آن را می‌نامیم: «هیدروژن». این نام ترکیبی است از دو کلمه‌ی یونانی به معنای «آب‌ساز».

۱۷۹۸ ◄◄

$$Fe + H_۲SO_۴ \longrightarrow H_۲ + FeSO_۴$$

آهن — سولفوریک اسید (جوهر گوگرد) — گاز هیدروژن (هوای قابل اشتعال) — سولفات آهن

$$H_۲ + O_۲ \rightleftharpoons ۲H_۲O$$

هنری کاوندیش برای نخستین بار نشان داد که این واکنش به ترکیب سمت راست منجر می‌شود (سوختن هیدروژن در جوار اکسیژن آب تولید می‌کند). آنتوان لاووازیه واکنش به سمت چپ را از طریق گرم کردن بخار آب بر فراز آهن داغ ملتهب عملی کرد، که آب در این واکنش به اکسیژن و هیدروژن تجزیه می‌شود.

لادزارو اسپالانتسانی: برآمدن حیات از بی‌جان؟

۱۷۶۸ از روزگار ارسطو به بعد، معمولاً ادعا شده است که موجودات زنده می‌توانند خودبه‌خود از ماده‌ی بی‌جان (نازنده) ظهور کنند؛ کرم از گوشت گندیده، موش از علوفه‌ی کثیف، و پشه و مگس از عرق بدن. لادزارو اسپالانتسانی، روحانی ایتالیایی از جمله کسانی بود که به پایان دادن به چنین ایده‌هایی یاری رسانید.

اسپالانتسانی شالوده‌های کارهایش را بر پایه‌ی کارهای هم‌وطنش فرانچسکو ردی استوار کرد، که یک قرن پیش از آن (**۱۶۷۰، اسوامردام**) نشان داده بود که اگر گوشت از دسترسی پشه و مگس دور نگه داشته شود، از کرم زدن مصون می‌ماند. از اینجا ثابت شد که کرم‌ها لارو حشرات‌اند. اما در این صورت باز هم گوشت خراب می‌شود و بوی ناخوشایندی از آن به مشام می‌رسد. در سال ۱۷۶۸ اسپالانتسانی پی برد که در حالی که آبگوشت را اگر در هوای آزاد قرار دهند به سرعت «فاسد می‌شود و بو

می‌گیرد»، در حالی که اگر ابتدا جوشیده و آنگاه در ظرفی بسته و آب‌بندی (هوابندی) شده قرار گیرد، تازه و سالم می‌ماند. حتی اگر لوله‌ای خرطومی در دهانه‌ی ظرف دو جداره‌ای (فلاسک) قرار دهند و آن را ببندند که مانع ورود ذرات غبار و داخل شدنشان به آبگوشت شوند، از کرم زدن آن جلوگیری می‌شود.

این مشاهدات اسپالانتسانی را متقاعد کرد که آنچه سبب کرم گذاشتن می‌شود در هوا یا در ذرات غبار است، و فساد خودبه‌خود آغاز نمی‌شود. آن «علت» عبارت بود از باکتری (میکروب)ها، که همان موقع در زیر میکروسکوپ دیده می‌شدند (۱۶۷۳)، هر چند که هنوز کسی نمی‌دانست که این موجودات چه کاری می‌کنند.

اسپالانتسانی مردی بود با علائق فراوان و متنوع، که در زمان‌های مختلف حقوق خواند و منطق و زبان یونانی فرا گرفت، اما از همان اوایل به سوی علم کشیده شد. وی به تولید مثل جانورانی چون پستانداران دلبستگی داشت، و نشان داد که تولید مثل آن‌ها نیازمند بارور شدن تخمک به وسیله‌ی منی (اسپرم) است. وی نخستین تلقیح مصنوعی شناخته شده را، با استفاده از سگ، انجام داد.

جیمز کوک: دریانوردی به خاطر علم

۱۷۶۹

جیمز کوک، دریانورد انگلیسی، ستاره‌ی اکتشافات اواخر قرن هجدهم بود. وی در خلال سه نوبت سفر دریایی در ظرف ده سال، ده‌ها هزار کیلومتر در اقیانوس‌های آرام و منجمد جنوبی دریانوردی کرد. در سال ۱۷۶۹، بعد از دیدار از تاهیتی در کشتی اندیدور برای رصد و مشاهده‌ی عبور نصف‌النهاری زهره (**۱۷۶۱**)، به سوی باختر بادبان کشید تا سواحل ناشناخته‌ی قاره‌ای را کشف کند که وی آن را «نیو ساوث ویلز» نامید. دو زیست‌شناس ــ ژوزف بلکس انگلیسی، که بعداً مدیر باغ‌های گیاه‌شناسی سلطنتی و رئیس انجمن سلطنتی لندن (**۱۷۷۸**) شد، و دانیل سولاندر سوئدی، که زیر دست کارل لینه آموزش دیده بود (**۱۷۵۳**) ــ او را همراهی می‌کردند.

سفر دوم و حماسی او (۱۷۷۲–۱۷۷۵) در کشتی ریزولوشن وی را بیشتر به جنوب برد تا حدود «سرزمین جنوبی بزرگ» فرضی را تعیین و حتی آن را کشف کند. وی بدون دیدن کرانه‌ای، آب‌های آن حدود را درنوردید، هر چند که در چندین نوبت از چند صد کیلومتری آن عبور کرد. وی حدس زد که اگر قاره‌ای وجود داشته باشد، بایستی در پوششی از یخ پوشیده و تقریباً به طور کامل در داخل مدار جنوبگانی[1] واقع

1. Antarctic circle

شده باشد، که وی نخستین کسی بوده که از آن عبور کرده است.

نخستین دیدار خط کرانه‌ای جنوبگان پنجاه سال بعد دست داد. وی نخستین کسی هم بود که کره‌ی زمین را از خاور تا باختر کرانه‌نوردی کرد. کوک برای نخستین بار از زمان‌سنج جدید جان هریسون (**۱۷٦۵ طول جغرافیایی**) در تعیین طول جغرافیایی سود جست.

سفر دریایی سوم کوک (۱۷۷۸-۱۷۷۹) نیز با کشتی *ریزولوشن* انجام شد و به کشف هاوایی انجامید، اما پرسش واقعی از این قرار بود که انتهای خاوری گذرگاه شمال به خاور، مسیری در امتداد جنوب بین اقیانوس اطلس و اقیانوس آرام بالای آمریکای شمالی اما زیر سرزمین یخبندان، کجاست. وی کرانه‌های بریتیش کلمبیا و آلاسکا را پیش از عبور از تنگه‌ی برینگ (وتیوس برینگ، کاشف هلندی که در ۱۷۲۸ پی برد آمریکای شمالی و سیبری به هم متصل‌نیستند بلکه باریکه‌ای از آب آن‌ها را از یکدیگر جدا می‌کند) کشف کرد. سرانجام، یخ‌های ضخیم او را به عقب و به هاوایی راند، که در آنجا طی کشمکشی با بومیان به قتل رسید.

کوک مشاهده‌گری موشکاف، با مهارتی فوق‌العاده در دریانوردی و ستاره‌شناسی بود. سفرهای دریایی وی بسیاری از دورنمایه‌های اکتشافی زمانه‌اش را به هم نزدیک کرد: پیوند با عبورهای نصف‌النهاری زهره (**۱۷٦۱**)، بهره‌گیری از زمان‌سنج‌ها، حضور دانشمندان در کشتی برای مستند کردن اکتشافات، جستجو در پی گذرگاه شمال به خاور، و چیرگی بر اسکوربوت (**۱۷٦۱**) ــ مراقبت و رژیم غذایی مناسب اکثر دریانوردان او را از این بیماری مصون نگه داشت.

آنتوان لاووازیه: آیا آب می‌تواند به خاک تبدیل شود؟

۱۷۷۰ حتی در سال ۱۷۷۰، تصور یونانیان باستان درباره‌ی چهار عنصر (خاک، هوا یا باد، آتش و آب) در میان شیمیدانان، همراه با احتمال تبدیل یکی از آن‌ها به دیگری، جاذبه‌ها و کشش‌هایی داشت. رویهمرفته، جوشیدن طولانی آب سبب می‌شد همه‌ی آن تبخیر شود و اندکی پسماند بر جای بماند. آیا به این ترتیب آب به خاک تبدیل می‌شد؟

مقدر بود که یکی از بزرگ‌ترین پژوهشگران، آنتوان لاووازیه‌ی فرانسوی و پسر یک حقوقدان ثروتمند، خودش هم قبل از آن‌که به علوم روی آورد، به تحصیل حقوق مشغول باشد. لاووازیه، در ۲۷ سالگی، که همان موقع هم یکی از اعضای فرهنگستان

علوم فرانسه بود، ایده‌ی تبدیل آب به خاک را آزمایش کرد. وی آب کاملاً خالص را در ظرفی شیشه‌ای به مدت ۱۰۰ روز جوشانید، تمامی بخار را نگه داشت و دوباره به مایع تبدیل کرد. رسوبی ظاهر شد اما با توزین دقیق آن در تمام مراحل نشان داد که این رسوب از آب حاصل نشده است. بلکه رسوب یاد شده حاصل تجزیه و شکستن جداره‌ی درونی ظرف است.

به این ترتیب نتیجه گرفت که آب به خاک بدل نشده است. مهم‌تر از آن، لاووازیه نشان داد که با دقت کردن در اندازه‌گیری چه چیزی را می‌توان اثبات کرد. این رویکرد شالوده‌ی تأثیرهای بسیاری قرار گرفت که او قرار بود در دو دهه‌ی بعدی در حوزه‌ی شیمی، و در واقع در کل آینده‌ی علم شیمی، بر جای گذارد. ◄◄ ۱۷۷۳

سنگواره‌ها: یادگارهای جهان گمشده

۱۷۷۰

وقتی استخوان‌ها و دندان‌های عظیم موجوداتی شگفت در عملیات معدن‌کاری و استخراج معادن برای تغذیه‌ی انقلاب صنعتی از زیر خاک بیرون آمدند، ابتدا تصور می‌شد این‌ها متعلق به گونه‌های بزرگی از موجودات‌اند که هنوز هم در جایی به حیات خود ادامه می‌دهند، که از جمله‌ی آن ها آدمیان غول‌پیکر را ذکر می‌کردند و یا، عجیب‌تر این‌که، آن‌ها را بازمانده‌های موجوداتی اسطوره‌ای و افسانه‌ای چون اژدها می‌پنداشتند. یکصد سال حفاری و مطالعه لازم بود تا دیدگاه دیگری در این مورد شکل بگیرد. جامعه‌ی مذهبی در برابر این دیدگاه‌های جدید مقاومت می‌ورزید، و از جمله بسیاری از پژوهشگران هم از عوامل مقاومت‌کننده بودند؛ این نظر که برخی از مخلوقات خداوند ممکن است منقرض شده باشند، بدعت و مخالف و مغایر نوشته‌های کتاب مقدس تلقی می‌شد.

اما شواهد سرسختانه روی هم انباشته می‌شدند. در سال ۱۷۰۵، یک رشته دندان سنگواره‌ی غول‌آسا در کرانه‌های رودخانه‌ی هودسون در آمریکای شمالی یافته شد که تصور کردند از انسانی غول‌پیکر بر جای مانده است؛ در واقع این سنگواره از یک ماستودون (غول‌فیل)، فیل غول‌پیکری منقرض شده، بر جای مانده است. در سال ۱۷۱۹ یک «استخوان‌بندی تقریباً کامل از یک جانور بزرگ در قالب سنگ بسیار سخت»، که این عبارت عنوان گزارش کاشف آن بود، یافته شد که بعداً معلوم شد متعلق به یک خزنده‌ی شناگر غول‌آساست. در سال ۱۷۸۷ یک «استخوان غول‌آسا» در نیوجرسیِ آمریکای شمالی یافته شد که تقریباً به طور قطعی معلوم کردند که

بازمانده‌ی آن چیزی است که بعداً آن را دایناسور نامیدند، و شاید این نخستین بازمانده‌ی دایناسور بود که تا آن موقع جمع‌آوری می‌شد.

تصویر به تدریج شکل می‌گرفت. انکار این‌که خزندگانی وجود می‌داشته‌اند که می‌توانسته‌اند شنا یا پرواز کنند، وجود فیل‌ها و تنبل‌ها (نوعی پستاندار آمریکای جنوبی)ی غول‌پیکر و بسیاری موجودات دیگری که زمانی بر کره‌ی زمین وجود داشته اما اکنون منقرض شده بودند، دیگر دشوار به نظر می‌رسید.

یکی از تأثیرگذارترین سنگواره‌ها در معدن گچ در نزدیکی رودخانه‌ی موز در هلند در حدود سال ۱۷۷۰ پیدا شد. کارگران، در عمق سه متری سطح زمین، جمجمه‌ای را بیرون کشیدند که طول آن بیشتر از یک متر بود و در داخل سنگ جای گرفته بود. آنان کار خود را متوقف کردند و دکتر هافمن را، پزشکی محلی که به سنگواره‌ها به شدت علاقمند بود، از یافته‌های جدید خود باخبر کردند و از وی پاداش دریافت داشتند. استخوان‌ها را با موفقیت به روی زمین منتقل کردند، اما مالک زمینی که معدنکاران استخوان‌ها را در اعماق آن یافته بودند، به زودی آن‌ها را به تصاحب خود درآورد. این جمجمه بعداً به غرامت جنگی بدل شد، و نیروهای پیروز فرانسوی آن را به پاریس منتقل کردند.

در سال ۱۷۹۹ یک فسیل‌شناس فرانسوی اظهار داشت که این جمجمه متعلق به یک خزنده‌ی شناگرِ پیش‌تاریخی است، دیدگاهی که دانشمندی با دانش گسترده‌تر چون ژرژ کوویه (**۱۸۱۲**)، که او هم فرانسوی بود، آن را در سال ۱۸۰۸ تأیید کرد. این سنگواره را بعداً موساسو لقب دادند، که ترکیبی است لاتینی متشکل از نام رودخانه‌ی موز و واژه‌ای لاتینی به معنای «مارمولک و سوسمار»، و از آن پس کماکان به آن *موساسوی هافمنی*، به افتخار دکتر هافمن، گفته‌اند. این قوی‌ترین و روشن‌ترین سندی بود که از ظهور حیات بر کره‌ی زمین تا آن هنگام چنین متمایز و مشخص به دست آمده بود.

جوزف پریستلی: احیای «هوای آسیب‌دیده»

۱۷۷۱ در سال ۱۷۷۱ جوزف پریستلی، روحانی بنیادستیز انگلیسی، که تقریباً همانقدر که خود را وقف خداوند کرده بود به علم هم مشغول بود، شمع روشنی را زیر یک سرپوش شیشه‌ای قرار داد. شمع مدتی روشن و سپس خاموش شد. اتفاق عجیبی نیفتاده بود؛ خیلی‌ها این اتفاق را مشاهده کرده بودند. به همین

ترتیب موشی را که زیر آن حباب شیشه‌ای قرار داده بودند پس از مدتی مرده یافتند.

پریستلی پیرامون پیامدهای این پیشامدها به تأمل پرداخت. به نظرش رسید که هوای داخل حباب از طریق سوختن شمع و تنفس موش به نحوی «آسیب‌دیده» است به گونه‌ای که اکنون در آن محیط (فضای زیر حباب) نه چیزی می‌توانست زنده بماند و نه چیزی می‌سوخت. در این صورت، باید جایی در طبیعت به نحوی مایه‌ی ترمیم این آسیب وجود داشته باشد؛ در غیر این صورت شمع‌ها و موش‌ها و سایر عوامل بیشماری از آغاز ظهور حیات بایستی چنان هوا را کم‌کیفیت کرده بودند که ادامه‌ی هیچگونه حیاتی بر روی زمین میسر نمی‌بود. بنا بر استدلال‌های او، شواهدی مبنی بر این‌که هوا در حال حاضر نسبت به مواقع دیگر زیانبارتر شده باشد، وجود ندارد. چگونه می‌شد چنین چیزی وجود داشته باشد؟ چه چیزی هوا را همواره احیا و پالوده می‌کرد؟

پریستلی حدس زد که گیاهان سبز در این کار دخیل‌اند، که قادر بودند هر چه را که سوختن شمع یا تنفس موش‌ها از میان برداشته یا مسموم کرده بود، به هوا باز گردانند. وی برای آزمودن این ایده شاخه‌ای نعناع را همراه با شمع روشن زیر حباب شیشه‌ای قرار داد، که البته این شمع به زودی خاموش شد. پریستلی نعناع را مدتی طولانی، تقریباً چهار هفته، در آنجا قرار داد تا همان عملی انجام شود که او انتظار داشت انجام می‌شود.

برای اجتناب از حرکت دادن حباب شیشه‌ای، برای روشن کردن مجدد شمع از «شیشه‌ی سوزان یا ذره‌بین» سود جست تا گرمای خورشید را روی فتیله‌ی شمع متمرکز و آن را شعله‌ور کند. شمع شعله‌ور شد و به درخشندگی همیشگی‌اش روشن ماند. پریستلی بسی خرسند و خشنود شد؛ وی پی برده بودکه هوای «آسیب‌دیده» را چگونه «احیا کند»، و حتی مهم‌تر از آن، پی برد که گیاهان همواره عمل احیا و بازیابی را انجام می‌دهند. لحظه‌ای باشکوه در تاریخ فرا رسیده بود.

در راه تکمیل کردن یک کشف خاص حتماً به معلومات ناقصی از ایده‌های دیگری بر می‌خوریم که هرگز در مورد آن‌ها اطلاعاتی نداشته‌ایم، از این رو برای برطرف کردن یک شک و تردید به چندین شک و تردید جدید برمی‌خوریم.

جوزف پریستلی

پریستلی با بنیامین فرانکلین آمریکایی (**۱۷۵۱**) مکاتبه داشت. فرانکلین در خصوص آموخته‌های این نتایج نوشت: «امیدوارم این [باززنده‌سازی هوا از طریق گیاهان] از این موج بی‌امان قطع و نابود کردن درختان اطراف خانه‌ها جلوگیری کند، که با اصلاحات شیوه‌های باغبانی ما و دور شدنمان از این نگرش که درختان را مضر می‌داند، قرین شده است.» ◄◄ ۱۷۷٤

دانیل رادرفورد و «هوای زیانبار و مسموم کنند»

۱۷۷۲ شناسایی کربن دیوکسید («هوای تثبیت‌شده») به‌دست جوزف بلک (**۱۷٥٤**) برای دانشجوی جوانش، دانیل رادرفورد، فایده‌ای دربر داشت. وی در جریان پیگیری کار استادش در حدود بیش از ده سال بعد، موشی را در داخل محفظه‌ای بسته تا موقعی نگه داشت تا مرد. سپس ابتدا یک شمع روشن و آنگاه مقداری گوگرد (شعله‌ور) در آن محفظه قرار داد تا وقتی که خاموش شدند. سپس گاز بازمانده در محفظه را از آب آهک عبور داد تا هوای ثابتی (تثبیت‌شده‌ای) را که در خلال سوختن شمع و گوگرد تولید شده بود، جذب کند. وقتی رادرفورد گاز باقی‌مانده را آزمایش کرد پی برد که هیچ چیزی در آن نمی‌سوزد، و موشی که در آن قرار گرفت به سرعت خفه شد و مرد. وی به این گاز نام مناسب «گاز ثابت» را داد.

رادرفورد و بلک هنوز هم از نظریه‌ی پر طرفدار فلوژیستون (**۱۷۲۳**) برای توضیح و تشریح آنچه که دیده بودند بهره می‌گرفتند.

به باور آنان چیزی که می‌سوزد «ماده‌ای آتشین» رها می‌کند که هوای پیرامونی آن را جذب می‌کند. هوایی که آن موش تنفس کرد تا هلاک شد، یا شمع روشن در آن قرار گرفت تا خاموش شد، آشکارا از فلوژیستون اشباع بود و دیگر نمی‌توانست آن را جذب کند. از این رو هیچ چیز نمی‌توانست در آن زنده بماند یا در آن روشن باشد و بسوزد. در نتیجه، «هوای مسموم» را نیز «هوای فلوژیستونی» نام نهادند. و چند دهه بعد به آن نیتروژن گفتند، زیرا آن را در ترکیبی به نام نیتر[1] (یا شوره[2])، یکی از مواد تشکیل‌دهنده‌ی باروت، یافتند.

رادرفورد، در کنار دیگران، برای یافتن جزء سازنده‌ی اصلی هوای معمولی به تلاش خود ادامه داد. وی آن را «هوای آتشین» نامید، که اکنون آن را اکسیژن می‌نامند. وی بعداً سمت استاد ممتاز گیاه‌شناسی دانشگاه ادینبرو و مسئول باغ گیاه‌شناسی آن

1. nitre
2. saltpetre

دانشگاه را بر عهده داشت. رادرفورد عموی مادری والتر اسکات، داستان‌نویس پر آوازه، هم بود.

ژوزف لاگرانژ راه را می‌گشاید

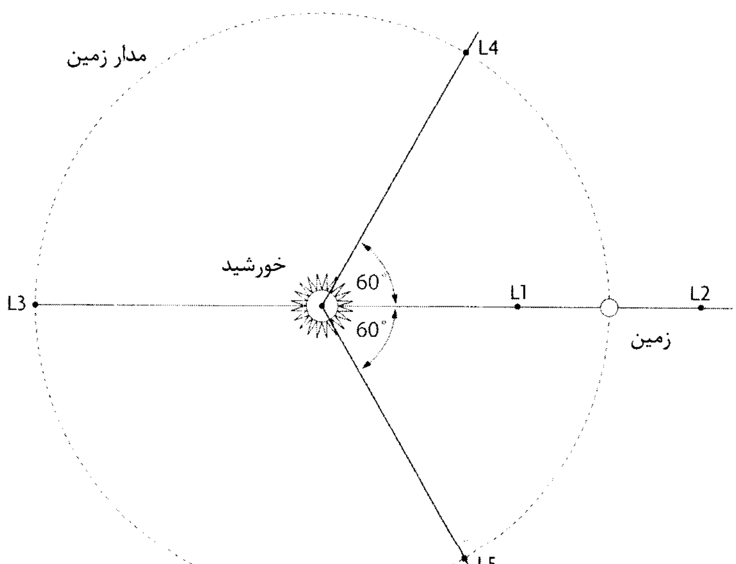
۱۷۷۲

ریاضیدانان خیلی بزرگ و بسیار همه فن حریف‌اند، و یک رشته یافته و کشف در بسیاری از حوزه‌های پژوهشی از آنان بر جای می‌ماند. ژوزف لاگرانژ از جمله‌ی این انسان‌ها به‌شمار می‌آمد، و نه شهروند یک سرزمین خاص، بلکه شهروند اروپا بود. در ایتالیا به دنیا آمد، بیست سال در فرهنگستان علوم برلین فعالیت کرد، و معمولاً به عنوان یک فرانسوی شناخته می‌شد. قطعاً دوره‌ی کاری‌اش را در فرانسه به پایان برد، که در آنجا برای معرفی دستگاه اندازه‌گیری متری کار کرد و در مراکز آموزشی معتبر درس می‌داد. در آکادمی علوم فرانسه از اعضای سرشناس و برجسته بود و سرانجام از جانب ناپلئون به لقب کُنت مفتخر شد و نشان لژیون (دونور) را دریافت کرد.

نقاط لاگرانژ فقط یک قلم از سیاهه‌ی گسترده‌ی اکتشافات او به‌شمار می‌آیند. این نقاط صرفاً ایده‌های ریاضی نیستند بلکه مکان‌ها و مواضع حقیقی مهمی در فضا هستند. لاگرانژ در حالی که روی مسئله‌ی «سه جسم» کار می‌کرد آن‌ها را یافت. قوانین حرکت و گرانش آیزاک نیوتون، که در *پرینکیپیای* او آمده‌اند (۱٦٨٦-۱٦٨٧)، فهمیدن چگونگی رفتار شیء کوچکی همچون قَمَر را که در مدارش تحت تأثیر ربایش نیروی گرانشی زمین است، امکان‌پذیر کرد. اما زمین هم خورشید را دور می‌زند، از این رو این قمر نیز به طور همزمان از سوی زمین و خورشید به طور همزمان ربوده (جذب) می‌شود و مسئله‌ی «سه جسم» از اینجا زاده می‌شود، و اگر کشش خورشید و زمین تقریباً یکسان باشند، این مسئله می‌تواند به غایت پیچیده شود. در اکثر موارد قمر مسیری نامنظم و پیشگویی‌ناپذیر را طی خواهد کرد.

لاگرانژ می‌خواست بداند که آیا نقاطی در فضا وجود دارند که در آنجا یک قمر موضع‌اش را نسبت به زمین و خورشید ثابت نگه می‌دارد به طوری که همواره بدانیم کجا باید آن را بیابیم. محاسبات وی، که جایزه‌ی آکادمی را در سال ۱۷۷۲ برایش به ارمغان آورد، به یافته شدن پنج «نقطه‌ی لاگرانژی» به نام L_1 تا L_5، انجامید. سه تا از این نقاط بر روی خطی واقع‌اند که از زمین و خورشید عبور می‌کند. مثلاً، L_2 در منتهی‌الیه خط واصل زمین و خورشید واقع است.

دو نقطه‌ی دیگر، L_4 و L_5 بر مدار زمین بر گرد خورشید قرار می‌گیرند، که در حالی که زمین در فضا حرکت می‌کند، یکی از این نقاط °۶۰ پیش از آن و دیگری °۶۰ در پس آن واقع می‌شود. امروزه ماجراجویی‌های فضایی در این نقاط بسیار هیجان‌انگیز است. L_2 همواره در سایه واقع است، به طوری که برای قرار دادن ابزار حساس به منظور مشاهده و رصد اعماق فضا (**۱۹۹۲**) مکان مناسبی به‌شمار می‌آید. L_4 و L_5 احتمالاً مکان‌هایی برای برپا کردن و گردآوری تمامی سخت‌افزار (دستگاه‌های لازم) برای مأموریت‌های بزرگ واقعی فضایی‌اند. قطعاً لاگرانژ خودش هرگز با چنین چیزهایی برخورد نکرده بود.



نقاط لاگرانژ را ژوزف لاگرانژ ریاضیدان فرانسوی کشف کرد. قمری واقع در هر یک از این پنج موضع، موقعیت خود را نسبت به زمین و خورشید حفظ خواهد کرد، و از این رو همواره از مکان قرارگیری آن مطلع‌ایم. نقطه‌ی ۲ برای ابراز تعیین مکان به منظور نگریستن به اعماق فضا بدون تداخل از جانب خورشید (خیرگی چشم به علت تابش نور خورشید)، نقطه‌ای آرمانی است، زیرا همیشه در سایه‌ی زمین واقع است. جانشین تلسکوپ فضایی هابل را می‌توان در این نقطه قرار داد.

آنتوان لاووازیه: چرا اشیاء می‌سوزند؟

۱۷۷۳

آنتوان لاووازیه‌ی حدوداً سی ساله، ستاره‌ی در حال برآمدن در میان شیمیدانان فرانسوی، به یافتن علت سوختن اشیاء بسیار مشتاق بود. وی نسبت به توضیح و تشریح پذیرفته شده‌ی متداول در این خصوص تردیدهایی روا می‌داشت؛ این توضیح از این قرار بود که چیزی که می‌سوزد فلوژیستون، «گوهر آتش»، رها می‌کند. وقتی یک قطعه سرب را در هوا گرم می‌کردند و پوسته‌ای رنگین به عنوان کلسیم اکسید («کالکس») تشکیل می‌شد، باز هم این سرب فلوژیستون از دست می‌داد. این نظریه از سال **۱۷۲۳** که گئورگ استال آلمانی آن را مکتوب کرد، پر طرفدار بوده است، زیرا به نظر می‌رسید که همه چیز را توضیح می‌دهد.

اما لاووازیه می‌دانست که این نظریه از همان آغاز پرداخته شدنش مشکلات فراوانی داشته است، و این مشکلات با دقیق‌تر شدن علم شیمی، و گسترده‌تر شدن ارتباط آن با اندازه‌گیری، وخیم‌تر و ژرف‌تر شده است. چگونه ممکن است که شمعی که در هوا می‌سوزد (و فلوژیستون از دست می‌دهد) سبک‌تر شود، در حالی که یک قطعه سرب که داغ می‌شود و گرما می‌گیرد (و فلوژیستون از دست می‌دهد و کالکس تشکیل می‌دهد) سنگین‌تر شود؟ آیا دو نوع فلوژیستون وجود دارد، که وزن یکی از آن‌ها از هیچ کم‌تر است؟

لاووازیه برای پاسخ دادن به این پرسش و حل کردن این معما، سرب را در ظرف دربسته‌ای حرارت داد به طوری که هیچ چیزی نمی‌توانست از آن بیرون رود یا به آن وارد شود. سرب با تشکیل کالکس یا کلسیم اکسید خودش سنگین‌تر شد، اما وزن کل ظرف قبل از حرارت دادن و بعد از آن یکسان باقی ماند. به نظر می‌رسید که وزن سرب اضافه شده و هوای داخل ظرف وزن از دست داده است. از این رو کالکس نه تنها به این علت تشکیل می‌شد که سرب فلوژیستون از دست می‌داد، بلکه چیزی را هم از هوا بر می‌گرفت.

به همین ترتیب، شمع «می‌سوخت» و وزن از دست می‌داد (سبک می‌شد)، اما کل وزن ظرف‌ها و محتویات آن‌ها تغییری نمی‌کرد. از دست رفتن ماده هنوز هم رخ می‌داد، شاید با چیزی در هوا ترکیب می‌شد تا گازی نامرئی را تشکیل دهد. این «چیز» در هوا به اشیاء امکان می‌داد که بسوزند و فلزات کالکس (کلسیم اکسید) تشکیل دهند. شاید، این ماده هم از سنگ آهن، وقتی همراه با ذغال چوب حرارت داده می‌شد تا آهن آزاد کند، استخراج می‌شد. بنا بر نظریه‌ی قدیمی ذغال چوب به کانی آهن فلوژیستون می‌داد؛ اکنون لاووازیه می‌توانست حدس بزند که ذغال چوب ماده‌ی

ناشناخته را از کانی بیرون می‌کشد و جذب می‌کند.

پس، یک جایگزین ممکن و پذیرفتنی برای فلوژیستون وجود داشت که احتراق، تکلیس و ذوب فلز (گدازگری) را توضیح می‌داد. باید یک گام دیگر به پیش برداشته می‌شد ــ یافتن «عامل احتراق»، «چیزی» در هوا که همه‌ی این رویداد را امکان پذیر می‌کرد. لاووازیه باید فقط یک سال دیگر برای رسیدن به پاسخ منتظر می‌ماند. ◄◄ ۱۷۷۵

کارل شِله به وجود کلر پی می‌برد

۱۷۷۴ در سال ۱۷۷٤ کارل شِله داروساز سخت‌کوش سوئدی، در ضمن یکی از بی‌شمار آزمایش‌هایش، ماده‌ای را که اکنون به نام منگنز دیوکسید می‌شناسیم به چیزی که اکنون هیدروکلریک اسید می‌گوییم، و او آن را «اسید دریا» می‌نامید، اضافه کرد. شگفت‌زده شد. این واکنش هیجان‌انگیز گاز زرد مایل به سبز با بویی زننده را گسیل کرد، که امروزه آن را به نام کلر می‌شناسند. این نام، مانند «کلروفیل یا سبزینه»، از واژه‌ای یونانی به معنای «سبز» مشتق شده است.

$$4HCl + MnO_2 \longrightarrow Cl_2 + MnCl_2 + 2H_2O$$

هیدروکلریک اسید (اسید دریا) — منگنز دیوکسید (پیرولوسیت) — کلر (هوای اسید دریایی فلوژیستون زدوده) — منگنز کلرید — آب

در چارچوب اصطلاحات آن زمان، شله کشف خود را «هوای اسید دریایی فلوژیستون زدوده»[1] نامید. علت این نام‌گذاری به توضیح‌اش می‌ارزد. پنجاه سال پیش‌تر، استفان هَلسِ انگلیسی درباره‌ی حرارت دادن مخلوط نمک دریا و سولفوریک اسید گزارش داده بود، که گازی تند و بدبو اما بی‌رنگ از آن متصاعد شده بود که چون از نمک حاصل شده بود، هلس آن را «هوای اسید دریایی» یا «هوای اسید دریا» نامید. این گاز را وقتی در آب حل کردند، «اسید دریایی» (هیدروکلریک اسید) حاصل شد. گازی که شِله از اسید دریایی به دست آورد آشکارا متفاوت بود، از این رو به نام جدیدی نیاز بود. به نظرش رسید که این گاز فاقد «اصل آتشی» است که باعث سوختن اشیاء می‌شود (**۱۷۲۳**)، از این «فلوژیستون زدوده» بود. تمام این‌ها نشان می‌دادند که سروسامان دادن به زبان شیمی تا چه حد ضروری است.

1. Dephlogisticated marine acid air

کلر، حتی بدون فلوژیستون، آشکارا فعال بود. هرگز در طبیعت به طور آزاد یافت نمی‌شد، از این رو این گاز «میل ترکیبی» زیادی با سایر مواد داشت (در اینجا نیز، این مورد هم اصلاحی جدید بود)، که به صورت ترکیب‌هایی با آن‌ها در می‌آمیخت که جدا کردنشان دشوار بود. خیلی پیش‌ترها، کلر را رنگ‌زدایی قدرتمند یافته بودند که رنگ مواد گیاهی را می‌برد و از این رو پارچه‌های کتان و پنبه‌ای را سفید می‌کرد. این فناوری مهم و حیاتی جدیدی برای صنایع نساجی بود که شتابان رشد می‌کرد و گسترش می‌یافت. یکی از نخستین کسانی که این نکته را نوشت کلود برتوله شیمیدان فرانسوی بود، که بعداً با لاووازیه و دیگران در حوزه‌ی «زبان جدید» شیمی کار کرد، و یادداشت‌های خود را در سال **۱۷۸۷** منتشر کرد.

از آنجا که گاز کلر خطرناک است (در واقع مسموم است، به این دلیل هم در جنگ جهانی اول به عنوان جنگ‌افزار گازی از آن استفاده می‌کردند)، پس از کوتاه زمانی روش ایمنی در مصرف آن به شکل «گرد رنگبری» ابداع شد. این ماده‌ی رنگ‌بر از طریق برقرار کردن واکنش کلر با «آهک کشته»، یعنی سنگ آهک حرارت دیده برای تولید «آهک زنده» و آمیخته شده با آب، تولید می‌شد (**۱۷۵٤**). این ترکیب به عنوان گندزدا نیز مصرف می‌شد (**۱۸٤۷ زمل‌وایس**)؛ امروزه در استخرهای شنا با افزودن مواد شیمیایی رهاکننده‌ی کلر به آبشان، از ایجاد جلبک جلوگیری می‌کنند. ◄◄ ۱۷۷۷

جوزف پریستلی: کشف اکسیژن

۱۷۷۴

«انقلاب پنوماتیکی (بادی)» را استفان هلس، کشیش انگلیسی، آغاز کرد (**۱۷۲۷**)، که شیمی را به یک علم بدل کرد؛ این روند را کشیش دیگر انگلیسی، جوزف پریستلی، ادامه داد. هلس مؤمنی سنتی (ارتودوکس) بوده است؛ جوزف پریستلی یکی از پیروان کلیسای یکتاپرستان بود. دیدگاه‌های مذهبی و سیاست‌های ریشه‌نگر و رادیکال او را به زحمت انداخت. خانه و آزمایشگاهش را در بیرمنگام انبوه مردم خشمگین در سال ۱۷۹۱ غارت و ویران کردند.

پریستلی با بهره‌گیری از جیوه به جای آب «ظرف بادی یا پنوماتیکی» هلس را بهبود بخشید. وی سپس موفق شد گازهای محلول در آب، همچون «هوای تثبیت شده» (**۱۷۵٤**) جوزف بلک، را گردآوری کند. پریستلی پی برد که جذب کربن دیوکسید، نام امروزی آن، در آب مایعی گازدار با طعمی ترش تولید می‌کند. این پیش‌نمونه‌ی آب گازدار (سودا) بود که به این علت این نام را به آن دادند که این گاز از گرم کردن یک کانی به نام سودا (آکاسدیم کربنات) به دست می‌آمد و در تمامی

نوشابه‌های غیر الکلی هم از آن استفاده می‌شود. پریستلی برای کشف سایر گازها به کار خود ادامه داد، و پی برد که آمونیاک، نیترواکسید (نیتروژن مونوکسید)، هیدروژن کلرید و سولفور دیوکسید (جملگی به بیان اصطلاحی امروزی ترکیب‌های شیمیایی) همگی در هوا موجودند.

بزرگ‌ترین کشف پریستلی در سال ۱۷۷٤ از جیوه‌ای حاصل شد که او در ظرفش استفاده می‌کرد، یا دست‌کم از پوسته‌ی قرمز یا «کالکسی» به دست می‌آمد که از حرارت دادن ملایم و تدریجی جیوه در هوا تولید می‌شد. پریستلی مقداری «کالکس قرمز» (کلسیم اکسید قرمز) را با یک «ذره‌بین یا شیشه‌ی سوزان» بزرگ که گرمای خورشید را روی آن کانونی می‌کرد، حرارت داد. نتیجه بسی چشمگیر و درخور توجه بود. جیوه‌ی اولیه یا اصلی به صورت گلوله‌های درخشان ریز دوباره آشکار شد، و گازی را متصاعد کرد که جمع‌آوری آن به آسانی میسر بود. این گاز خواص نامنتظره‌ای داشت: اشیاء در مجاورت آن بسیار آسان‌تر و درخشان‌تر می‌سوختند تا در هوای معمولی. تراشه‌ی سرخ ذغال چوب در حضور آن به سرعت شعله می‌کشید. موش‌ها در آن بسیار فعال می‌شدند، و پریستلی خودش گزارش داد که وقتی چند دم از آن تنفس می‌کند، بسیار سرزنده می‌شود.

پریستلی آدم مؤمن و معتقدی بود، نه تنها به خداوند بلکه به «فلوژیستون»، «ماده‌ی آتشینی» که از مواد در حال سوختن رها می‌شد، نیز اعتقاد داشت. اکثر همکاران شیمیدانش هم بر همین اعتقاد بودند. پریستلی فرض کرد که «هوای» جدیدش چنان در فلوژیستون تخلیه شده که ماده‌ی اخیر آن را از آنچه که در حال سوختن بود، مشتاقانه فرو می‌مکد، به نحوی که بر دامنه‌ی آتش می‌افزاید. به این ترتیب گازی را که یافته بود «هوای فلوژیستون زدوده» نام نهاد.

ما به یمن آنتوان لاووازیه‌ی فرانسوی (۱۷۷۵)، آن را امروزه اکسیژن می‌نامیم.

$$2Hgo \rightleftharpoons 2Hg + O_2$$

مرکوریک اکسید (کالکس قرمز جیوه) — جیوه (اکسید جیوه) — اکسیژن

این معادله یافته‌های جوزف پریستلی و آنتوان لاووازیه را جمع‌بندی می‌کند. گرم کردن تدریجی و آرام این واکنش را به چپ راه می‌اندازد، و از جیوه «کالکس قرمز» تهیه می‌کند. وقتی گرما شدیدتر شود، واکنش به راست انجام می‌گیرد، و اکسیژن و جیوه‌ی مایع تولید می‌شود.

نیکولاس دِماره: آتشفشان‌ها علامتشان را پنهان می‌دارند

۱۷۷۴ جیانتز کاوزوِی در کرانه‌ی شمالی ایرلند یکی از جاذبه‌های گردشگری عمده‌ی آن سرزمین به‌شمار می‌آید. ستون‌های عظیم سنگ‌های تیره بر صخره‌ها خط می‌اندازند؛ بسیاری دیگر از آن‌ها شکسته شده‌اند تا جاده‌ای فراخ شکل بگیرد. چنین نشان پایه‌هایی در بسیاری جاها، از جمله اووِرنی فرانسه یافت می‌شوند، که این‌ها توجه نیکولا دِماره، سربازرس کل احداث صنایع در فرانسه، را به خود جلب کردند. وی به خاطر کارش بسیار سفر می‌کرد، معمولاً پای پیاده هم این کار را می‌کرد تا علائق دیگر خود، یعنی مطالعه‌ی سنگ‌ها و صخره‌ها، را برآورده کند. دماره متقاعد شد که ستون‌های شش ضلعی عظیمی که در اووِرنی دیده است، مانند همان‌ها که در جیانتز کاوزوی هستند، از سخت شدن سنگ مذابی شکل گرفته که آتشفشان‌های اکنون خاموش آن‌ها را به بیرون پرتاب کرده‌اند.

وی روش‌مندانه به مطالعه‌ی این موضوع پرداخت و در سال ۱۷۷٤ رساله‌ای منتشر کرد که یک نقشه‌ی زمین‌شناختی به پیوست آن بود. این نقشه جایگاه‌های آتشفشان‌های قدیمی و باستانی و چگونگی بیرون ریختن گدازه‌هایی را که از هنگام سفت و سرد شدن هوازده شده، و چشم‌اندازهای بسیار متفاوتی را پدید آورده بودند، نشان می‌داد. در برخی مکان‌ها، آرایه‌ی ستون‌ها شبیه لوله‌ی اُرگ شده بودند. وی، شاید برای نخستین بار، همچنین مشخص کرد که چه میزان از این چشم‌انداز حاصل فرسایش است. مثلاً، به مرور زمان یک رودخانه راهش را از میان لایه‌های سنگ می‌گشاید و دره تشکیل می‌دهد؛ بسیاری از شاخابه‌های یک رودخانه‌ی بزرگ می‌توانند شبکه‌ای مرتبط در هم تنیده از دره‌ها را تشکیل دهند. آشکار است که این حرکت فرایندی کند و آهسته بود ــ مدرک و گواه دیگری برای افزایش دامنه‌ی مباحثات پیرامون عمر زمین (۱۷٤۰).

سنگ داخل ستون‌ها، به نام بازالت (سیاه‌سنگ)، با چشم غیر مسلح کاملاً یکنواخت به نظر می‌رسیدند، و فاقد بلورهای آشکار کانی‌های گوناگونی بودند که می‌توان در یک قطعه گرانیت (سنگ خارا) مشاهده کرد. واضح است که، همین که گدازه بیرون جهید و بر روی زمین ریخته شد به سرعت زیادی سرد شد، و بلورها دیگر مجالی برای رشد کردن نداشته‌اند. اگر سنگ خارا نیز از سنگ مذاب تشکیل می‌شد ــ و «نپتونیست‌ها» و «پلوتونیست‌ها» درباره‌ی آن بحث می‌کردند (۱۷۷۵) ــ در این صورت باید در ژرفای زیرزمین تشکیل می‌شدند، که در آنجا گرما به دام افتاده و بلورها مجال و فرصت تشکیل می‌یافته‌اند. هرچه عمق و ژرفا بیشتر می‌شد، بلورها هم بزرگ‌تر می‌شدند.

پرسیوال پات: بخاری پاک‌کن‌ها و سرطان

۱۷۷۵ پرسیوال پات، جراح لندنی، در حرفه‌ی خود از سرشناس‌ترین افراد به‌شمار می‌آمد، هرچند که، به روال آن روزگار، ناگزیر شد برای اخذ پروانه‌ی طبابت به صنف آرایشگران (دلاک‌ها) بپیوندد. وی در پنجاه سال فعالیت‌اش در بیمارستان بارتالامیوی مقدس برای بهبود و اصلاح روش‌های جراحی کارهای زیادی انجام داد. مثلاً، از طریق «سوزاندن» با آهن داغ زخم‌ها را درمان می‌کرد، که این کار را معمولاً بعد از عمل برای متوقف کردن خونریزی انجام می‌داد. به یادآوری‌اش می‌ارزد که بگوییم دو ابداع بزرگی که جراحی مدرن را امکان‌پذیر کرد، یعنی عملیات بیهوشی و ضدعفونی، هنوز تا یک قرن بعد تحقق یافتند.

اِشراف پات بر علم نقطه‌ی آغاز طبابت حرفه‌ای را رقم زد. در سال ۱۷۷۵ وی پی برد که بخاری پاک‌کن‌ها بخصوص در معرض ابتلا به انواع سرطان پوست بیضه‌اند، و حدس زد که علت این امر آن است که آنان همواره در معرض دود هستند. برای نخستین بار، چیزی در محیط کار عامل یک بیماری وخیم تلقی شد. نمونه‌های دیگری در پی آن یافته شد. توتون، همراه با تفریحات در ایام تعطیل و استراحت، نیز از عواملی بود که نسبت به آن مشکوک بودند. در سال ۱۷۶۱ جان هیل رابطه‌ای را بین گرد توتون و پولیپ بینی وخیم (و غالباً مرگ‌زا) را یافت.

پات میراث‌های دیگری را هم از طریق دانشجویانش بر جای نهاد. جان هانترِ اسکاتلندی‌تبار از استادش نیز سرشناس‌تر بود و به مقام جراح و سرانجام جراح ارشد (سَرجراح) شاه رسید. وی جراحی را از یک پیشه‌ی فنی صرف به حرفه‌ای همپای هر یک از حوزه‌های دیگر طب ارتقاء داد. مطالعاتش در زمینه‌ی دندان نقطه‌ی آغاز دندانپزشکی امروزی بود، در حالی که بنا بر استانداردهای مدرن، دندان قسمت اعظم جمعیت در آن روزها در شرایط مصیبت‌باری بود. وی اسامی امروزی، مانند دندان آسیا (کرسی)، دندان پیشین و دندان نیش (انیاب)، را برای دندان‌ها تعیین کرد. وی فهم و درک نسبت به عفونت و بیماری های واگیردار مقاربتی را توسعه بخشید، و کتابی مشهور درباره‌ی جراحت‌های ناشی از گلوله، بر پایه‌ی مشاهدات دست اول خودش در حکم جراح ارتش در جنگ‌های هفت ساله با فرانسه، را به رشته‌ی تحریر درآورد.

یکی از شاگردان هانتر ــ ادوارد جِنِر، پیشگام مایه‌کوبی بر علیه آبله (**۱۷۹۶**) ــ باز هم از آن دو مشهورتر شد.

آنتوان لاووازیه: گزیدن اکسیژن به جای فلوژیستون

۱۷۷۵ در اواخر سال ۱۷۷٤ جوزف پریستلی، روحانی و دانشمند انگلیسی، در پاریس به دیدار آنتوان لاووازیه شتافت که به تازگی سرشناس شده بود. وی درباره‌ی کشف اخیر خود (**۱۷۷٤**)، گازی که باعث می‌شد هر چیزی در آن نسبت به هوا بهتر و شدیدتر بسوزند، گفتگو کرد. لاووازیه به هیجان آمد؛ شاید این گاز جدید همان «عامل احتراق» بود که لاووازیه به آن نیاز داشت که به این وسیله فلوژیستون را برای همیشه از صحنه خارج کند (**۱۷۷۳**). متأسفانه، وقتی وی به انتشار یافته‌هایش اقدام کرد، اصلاً به پریستلی اشاره‌ای نکرد و به یافته‌های او ارجاع نداد، هر چند که در مواردی دیگر از وی سپاسگزاری و دین خود نسبت به این دانشمند انگلیسی را یادآوری کرد.

لاووازیه جیوه را تکلیس کرد: یعنی، آن را از طریق کانونی کردن نور خورشید به مدت چند هفته حرارت داد و تشکیل کالکسی (کلسیم اکسایدی) قرمز را مشاهده کرد. ظرفی که استفاده می‌کرد وارونه در آب قرار می‌گرفت، و سطح آب با ادامه‌ی آزمایش در ظرف بالا می‌رفت، که نشان می‌داد چیزی از هوا به درون آب جذب می‌شود. وقتی حدود یک‌پنجم هوا مصرف شد، به نظر رسید فرایند متوقف شده است. لاووازیه پی برد که هوای باقی‌مانده‌ی مصرف نشده دیگر نه احتراق را موجب می‌شد و نه ادامه‌ی حیات در آن ممکن است. وی این هوا را «ازت» نامید که واژه‌ای یونانی به معنی «بدون حیات» است. این همان «هوای فلوژیستون زدوده‌ی» دانیل رادرفورد (**۱۷۷۲**) بود که بعداً آن را نیتروژن نامیدند.

حالا لاووازیه تمامی تکه‌های کالکس را گرد آورد و بار دیگر آن‌ها را، این بار شدیدتر، حرارت داد. همان گونه که پریستلی دریافته بود، کالکس تجزیه شد، و دانه‌های درخشان جیوه را بر جای نهاد و گازی را هم متصاعد کرد. به همان ترتیب هم که می‌شد تعیین کرد، همان مقدار گازی خارج شد که در خلال حرارت دادن اول به کالکس جیوه جذب شده بود. وی، مانند دیگران، پی برد این گاز دارای خواص درخور توجهی است: آتش در حضور آن درخشان‌تر می‌سوزد و شعله می‌کشد و به جانورانی چون موش‌ها نشاط و سرزندگی می‌دهد. وی این گاز را «هوای حیاتی» نامید؛ دیگرانی به آن «هوای آتشین» یا «هوای خالص» یا حتی، به همان دلایل، «هوای ملکوتی» گفتند.

در سال ۱۷۷۸ لاووازیه با این باور که این گاز در همه‌ی اسیدها یافت می‌شود،

نام اکسیژن را برای آن برگزید (اکسیژن در یونانی به معنای «اسیدساز» است). وی برای این ایده‌ی خود به بنیان‌هایی متکی بود؛ گوگرد، فسفر و کربن همگی در اکسیژن می‌سوختند، و گاز یا خاکسترهایی (اکسیدهایی) بر جای می‌نهاد که وقتی در آب حل می‌شدند، اسید به وجود می‌آوردند. این استدلال به اندازه‌ی کافی موجه اما نادرست بودند. به طوری که بعداً معلوم شد، نه تمام اسیدها حاوی اکسیژن، و نه تمام اکسیدها اسیدی (یا اسیدساز) هستند. اما این نام جا افتاد و تثبیت شد.

هر چند که لاووازیه این گاز را اکسیژن نام نهاد، اما آشکار است که او نخستین کسی نبود که اکسیژن را کشف کرد. هم پریستلی و هم کارل شِله‌ی سوئدی این کار را پیش از او انجام داده بودند، شِله نخستین کسی بود که پی به وجود این گاز برد اما نخستین کسی نبود که آن را اعلام کرد (۱۷۷۷). دو انگلیسی دیگر، استفان هلس (۱۷۲۷) و جان مِیو (١٦٧٤)، پی برده بودند که در هوایی که هر لحظه تنفس می‌کنیم چیزی شبیه آن وجود دارد.

پس، در اینجا حقیقت عبارت است از تشکیل کالکس، و به عبارتی گسترده‌تر، تمام شکل‌های احتراق، این اشکال مستلزم رها شدن فلوژیستون نبودند، بلکه عبارت بودند از واکنشی شیمیایی با اکسیژن موجود در هوا. تا اینجا حق با هواداران فلوژیستون بوده است. احتراق، تکلیس و سایر واکنش‌ها مستلزم رها شدن عاملی از یک ماده و ترکیب آن با ماده‌ی دیگر بودند. آنان فقط از بابت این عامل به خطا رفته بودند. اگر به جای «اکسیژن» عبارت «فقدان فلوژیستون» را بنشانیم، رابطه‌ی درست برقرار می‌شود. مواد نه به این علت در هوا می‌سوزند که هوا فاقد فلوژیستون است، بلکه به این علت که هوا حاوی اکسیژن است آن‌ها آتش می‌گیرند. مواد در حضور نیتروژن خالص نمی‌سوزند زیرا اکسیژن وجود ندارد، و نه به این علت که نیتروژن خالص از فلوژیستون اشباع است، لاووازیه ضرورت فلوژیستون را انکار کرده بود. مهم‌تر این‌که، وی اکسیژن را در یک حباب شیشه‌ای جمع کرد: این گاز یک ماده‌ی واقعی بود. هیچ‌کس تا آن موقع چنین رفتاری با فلوژیستون نکرده بود.

لاووازیه ادعایی توانمند و مهم را پیش کشید، اما فوراً موافقت همه را با خود همراه نکرد. هواداران سخت‌جان فلوژیستون، مانند جوزف پریستلی و هنری کاوندیش به دیدگاه‌هایشان چسبیده و به آن متکی بودند، اما نگرش فلوژیستون با خود آن‌ها مرد و از بین رفت. ◀◀ ۱۷۸۵

آبراهام ورنر: آیا خاستگاه سنگ ها آب است؟

۱۷۷۵ در اواخر قرن هجدهم، دو مباحثه‌ی پر دامنه آرامش حوزه‌ای از علم را که امروزه آن را زمین‌شناسی می‌نامیم، پریشان کرد. یکی از آن‌ها درباره‌ی شیوه‌ی شکل‌گیری سطح یا رویه‌ی زمین بود (۱۷۷۸). دیگری به تشکیل سنگ‌ها و صخره‌ها مربوط می‌شد. افسانه‌ی توفان نوح که در کتاب مقدس آمده حاکی از آن است که سیلاب بزرگی که تمامی کره‌ی زمین در دوران باستان فرا گرفته بود، داستانی بود که مدت‌های درازی از جانب همگان، از جمله دانشمندان اولیه، پذیرفته می‌شد. آنان در این حکایت توضیح ممکنی را برای نمود و جلوه‌ی کنونی کره‌ی زمین و وجود صخره‌ها ملاحظه کردند. آبراهام ورنر آلمانی، واضع نظریه‌ای به نام «نپتونیسم»، نامیده به نام خدای یونان باستانی دریاها، پیشاپیش این دانشمندان حرکت می‌کرد.

ورنر در سال ۱۷۷۵ که فقط ۲۵ سال از عمرش می‌گذشت، در آکادمی معدن فرایبورگ به سمت مدرس برگمارده شد. در سایه‌ی تلاش‌های او این نهاد آموزشی به یکی از مدارس پیشگام کشور تبدیل شد. ورنر نیز به خاطر مطالعات روش‌مندش درباره‌ی صخره‌ها و سنگ‌ها و کانی‌ها آوازه‌ای به هم زد؛ وی احتمالاً معتبرترین پژوهشگر زمانه‌ی خودش در این حوزه به‌شمار می‌آمد. این مفهوم و ایده‌ی بنیادی او که لایه‌های سنگ در یک توالی زمانی یکی پس از دیگری تشکیل می‌شدند برای زمین‌شناسان بعدی تعیین‌کننده و بسیار مهم بود، هرچند که دا وینچی (**۱۵۱۷**) و اِستِنو (**۱٦٦۷**) قبلاً در این باره اندیشیده و تأمل کرده بودند. ورنر و شاگردان و دنباله‌روانش یک اقیانوس آشوبناک آغازین را تجسم می‌کردند که کره‌ی زمین را در بر می‌گرفت و می‌پوشانید، و انواع گوناگون سنگ‌ها و صخره‌ها یکی یکی و به صورت لایه‌ها از نشست و پس‌روی این اقیانوس‌ها بیرون زده‌اند. پیش از فرو نشستن، وقتی آب‌ها هنوز هم عمیق بودند، «سنگ‌های بلورین»، شبیه به گرانیت (سنگ خارا) وجود داشتند؛ این‌ها آشکارترین قطعه‌های کانی‌های گوناگون را داشتند. این‌ها معمولاً در عمیق‌ترین نقاط یافت می‌شدند و باید اول از همه تشکیل شده باشند. بعداً، با فروکش کردن و پس‌نشینی آن‌ها، سنگ‌های رسوبی گوناگون، چون شیل (سنگ رستی)، ماسه‌سنگ، جوش‌سنگ (کنگلومرا) و سنگ آهک، از ته‌نشست سیلت، ماسه و قطعات و قشرهای کوچک و نازک سنگ شکل گرفتند.

در نزد سایر نپتونیست‌ها در نهایت هم حق داشتند و هم به خطا رفتند. نظریه‌ی آنان درباره‌ی سنگ‌های رسوبی تأیید شد و دیگران هم آن را پذیرفتند، اما یک مکتب تفکر رقیب، «پلوتونیسم» (نامیده به نام الهه‌ی باستان عالم مردگان یا عالم ارواح)، به

راهبری جیمز هوتونِ اسکاتلندی (۱۷۷۸)، این نظر را عنوان کرد که سنگ‌های بلورین و سایر سنگ‌ها مانند بازالتی که زمانی مذاب بوده است، با سرد شدن سخت شده‌اند. در مورد این سنگ‌ها، حق به جانب پلوتونیست‌ها بود.

کارل شِله: از دست رفتن اعتبار

۱۷۷۷ کارل شِله، داروساز سوئدی پرمشغله، نمونه‌ی خوبی از این ماجراست که چگونه می‌شود کسی که برای چاپ و انتشار نتایج تحقیقاتش شتاب کافی به خرج نداده اعتباری را که در علم کسب کرده، از دست بدهد. یادداشت‌های آزمایشگاهی او آشکارا نشان می‌دهند که وی چندین سال پیش از مردی که معمولاً کاشف اکسیژن نامیده می‌شود، یعنی کشیش جوزف پریستلی انگلیسی، این گاز را که اکنون اکسیژن می‌نامیم، کشف کرده بود. وی هم از همان روش‌ها سود جسته بود، یعنی حرارت دادن ترکیباتی چون کالکس قرمز جیوه برای استخراج اکسیژنی که پیوند سستی دارد. به علت کوتاهی و سهل‌انگاری ناشر، یافته‌هایش تا سال ۱۷۷۷در جهان ناشناخته ماند. همین تأخیر برتری در کشف نیتروژن را به دانیل رادرفورد اسکاتلندی (۱۷۷۲) بخشید.

شله قطعاً پر کار و پر بار بود. وی، افزون بر اکسیژن و نیتروژن، عنصرهای کلر (۱۷۷٤) و مولیبدن را شناسایی و به شیمیدان‌های هم‌وطنش برای کشف کبالت، منگنز، نیکل و تنگستن کمک کرد. یکی از ابزار جدید سودمند در آن موقع مشعل (نی چه) بود، که جریان هوا را به شعله می‌فرستاد تا آن را در حالی که به یک قطعه کانی افکنده می‌شد، داغ‌تر کند. رنگ این شعله، بخارهای تشکیل شده و نهشت‌های بر جای مانده همگی سرنخ‌هایی به دست می‌دادند از این‌که عنصری ناشناخته در این نمونه پنهان است.

شِله چندین اسید جدید مرتبط با موجودات زنده را نام‌گذاری کرد، مانند استیک اسید حاصل از سرکه، سیتریک اسید حاصل از لیمو و مرکبات، مالیک اسید حاصل از سیب و لاکتیک اسید و اوریک اسید حاصل از جانوران. وی برخی گازهای بدبو و تند را هم، از جمله گاز بسیار سمی هیدروژن سیانید و هیدروژن سولفید («گاز تخم‌مرغ گندیده»)، کشف کرد. شله معمولاً «بو و مزه‌ی» هر چیزی را که می‌یافت امتحان می‌کرد؛ این امر احتمالاً بر مرگ زودرس او در چهل و چهار سالگی تأثیر داشته است. همین حادثه برای هامفری دیوی انگلیسی هم چند دهه بعد (۱۸۰۲) پیش آمد.

جوزف بَنکس: گیاه‌شناس ذاتی

۱۷۷۸

جوزف بنکس، طبیعت‌شناس پر شور و زمیندار ثروتمند در سال ۱۷۷۸ به ریاست انجمن سلطنتی لندن رسید؛ این مقام و سمتی قدرتمند بود که وی به شیوه‌ای نسبتاً مستبدانه و خودرأی تا آخر عمرش بر آن تکیه زد و حد نصابی ۴۲ ساله از خود بر جای نهاد. بنکس شخصیتی فوق‌العاده و استثنایی بود، تلفیقی از شور و هیجان در حوزه‌ی تحقیق و مردی برای مدیریت امور، حامی و مشوق علم و مدیر علمی.

بنکس ابتدا در دهه‌ی بیست عمرش به عنوان گیاه‌شناس ارشد در شمار اعضای هیئت مأمور کشتی نیروی دریایی سلطنتی انگلستان، *اندیوور* (به معنای *تلاش*)، به ناخدایی جیمز کوک (**۱۷۶۹**) درآمد و از جانب نیروی دریایی برای مشاهده‌ی عبور نصف‌النهاری زهره از فراز تاهیتی اعزام شد. سه مکان رصد برپا شده بود که یکی از آن‌ها بر اثر وجود ابر در آسمان از رصد کردن باز ماند: بنکس در یکی از این سکوها مستقر بود.

این هیئت اکتشافاتی، از آنجا کرانه‌ی شرقی «نیو ساوت ویلز» را کشف کردند و کاویدند. بنکس و دستیارش دانیل سولاندر، که در کنار لینه (**۱۷۵۳**) به مطالعه پرداخته بود، نخستین نمونه‌های گیاهی و جانوری را از قاره‌ی جدید به انگلستان بردند. این محموله‌ی گسترده، پس از طبقه‌بندی، ۱۱۰ جنس جدید و ۱۳۰۰ گونه‌ی جو، فقط از میان گیاهان، به دست داد. نام خود بنکس بر جنس *بنکسیا*[1] از گیاهان استرالیا نهاده شده است.

بنکس به همکاری با سولاندر، و سایر گردآورندگان گونه‌ها و جنس‌ها از سراسر جهان، و در تمام طول عمرش، ادامه داد، بخصوص یک بار مدیریت باغ‌های گیاه‌شناسی در کیو، غرب لندن، را بر عهده گرفت. این باغ‌ها هنوز هم از املاک خانواده‌ی سلطنتی محسوب می‌شدند. باغ‌های یاد شده تحت مراقبت وی به نحو چشمگیری شکوفا شدند. تعداد گونه‌های زیر کشت ۲۰ برابر شد، در حالی که به درخواست بنکس از هیئت‌های علمی و اکتشافی، نمایندگان سیاسی (دیپلمات‌ها)، افسران نیروی دریایی و بازرگانان، نمونه‌هایی از سراسر جهان گردآوری شد. شبکه‌ی او بسیار وسیع بود.

بنکس در بسیاری موضوع‌ها دستی داشت: در انتخاب خلیج بوتانی[2] در استرالیا به‌عنوان تبعیدگاه؛ در مأموریت دادن به هیئت *گیاه‌شناسی سلطنتی* به هدایت ویلیام

---

1. Banksia
2. Botany Bay

بلای برای آوردن درخت نان[1] از هائیتی برای تغذیه‌ی بردگان هند غربی؛ در حمایت مالی و اخلاقی از ویلیام اسمیت، که در آن موقع روی نخستین نقشه‌های زمین‌شناسی کار می‌کرد (۱۷۹۹)؛ و در بنیانگذاری مؤسسه‌ی سلطنتی[2] در سال ۱۷۹۹ به اتفاق بنجامین تامسون.

بنکس بر خلاف برخی از معاصرانش، مانند اعضای انجمن قمری در بیرمنگام (۱۷۶۵)، آرای سیاسی راسخ و پابرجایی نداشت، و در خلال انقلاب آمریکا توانست هم در کنار شاه و هم بنیامین فرانکلین خود را در شرایط مطلوبی نگه دارد. بعداً، در طول مدتی که دو کشور فرانسه و انگلستان با یکدیگر در حال جنگ بودند، توانست میان دانشمندان این دو کشور پیوند بادوام و پایداری را برقرار کند. وی قطعاً تأثیر قدرتمند و گسترده‌ای را بر علم روزگار خود بر جای نهاده است.

ژان دلوک و جیمز هاتون: تاریخچه‌ای از فاجعه؟

۱۷۷۸ در نیمه‌ی قرن هجدهم، اندیشمندان با تأمل در خصوص این پرسش که چرا سطح کره‌ی زمین با کوه‌های سر به فلک کشیده و عظیم، دره‌های ژرف و دشت‌های گسترده‌اش چنین است که می‌بینیم، حیات بر این سیاره را بسیار کوتاه و رنج‌آور، و متشکل از یک رشته مصیبت و فاجعه تصور می‌کردند. از دانشمندان سرشناس در میان این عده می‌توان از ژان دلوک سویسی یاد کرد که در ایام جوانی‌اش همواره در رشته کوه‌های آلپ راهپیمایی می‌کرده و در تاریخ طبیعی این کوه‌ها خبره به‌شمار می‌آمد. وی جوّسنج (بارومتر)های قابل حمل محکمی ساخت و در اندازه‌گیری ارتفاع قله‌ی کوه‌ها از روی کاهش فشار هوا پیشگام بود. وی همچنین پی برد که چگالی آب در ٤ حداکثر، و دلیل شناور شدن یخ نیز همین امر است.

دلوک در سال ۱۷۷۳ که کسب و کار خانوادگی‌اش با رکود و کسادی مواجه شد به انگلستان رفت. به مدت ٤٠ سال در آرامش و رفاه «مشاور علمی» ملکه شارلوت بود، و به عضویت انجمن سلطنتی گمارده شد. سفر به بسیاری از سرزمین‌ها برای مطالعه‌ی سنگ‌ها و صخره‌ها او را به پرچمداری کاتاستروفیسم (تغییرات شدید و ناگهانی) سوق داد. وی شواهدی کافی و فراوان را مشاهده کرد که حاکی از آن بودند که کره‌ی زمین

---

1. Bread fruit

۲. Royal Institution. انجمنی بریتانیایی که در سال ۱۷۹۹ برای انتشار معرفت علمی تأسیس شد. این مؤسسه یا نهاد رویدادهای آموزشی را سازمان می‌دهد، تحقیقات را ارتقا می‌بخشد، و یک موزه، کتابخانه و خدمات اطلاعاتی را نگهداری می‌کند. م

در فواصلی زمانی بر اثر جاری شدن سیل‌ها، بروز زمین‌لرزه‌ها و روی دادن طغیان‌های آتشفشانی به نحو فاجعه‌آمیزی دستخوش مصیبت شده است. کتاب مقدس، که بسیاری و حتی بیشتر دانشمندان به آن باور دارند، طول عمر کره‌ی زمین را فقط شش هزار سال تعیین کرده، و از این رو برای رویدادهای دیگر زمانی باقی نمی‌ماند. کاتاستروفیسم که هولوس آن را در سال ۱۷۷۸ به تفصیل شرح داده، در قرن نوزدهم نیز تحت حمایت ژرژ کوویه‌ی فرانسوی (۱۸۱۲)، از حامیان دلوک، کماکان نفوذ خود را حفظ کرد.

جیمز هاتون اسکاتلندی به کلی دید و نظر متفاوتی داشت، که خودش آن را «اصل یکنواختی»[1] می‌نامید. در نزد هاتون، فرایندهایی که سنگ‌ها را شکل داده و سطح زمین را در زمان‌های دیرین قالب‌ریز کرده‌اند: (الف) فوق‌العاده کند و (ب) بسیار مشابه با فرایندهایی بوده‌اند که هم‌اکنون هم در جریان و فعال‌اند. از این رو زمین باید بسیار قدیم باشد، شاید بینهایت قدیمی، اما قطعاً بسیار مسن‌تر از آن‌که از متون کتاب‌های مقدس استنباط می‌شود. هرگاه برای تغییرات بسیار شدید، مانند برآمدن رشته کوه‌ها یا ترازیابی دشت‌ها و فلات‌ها، مجال کافی وجود داشته باشد، می‌توانند بسیار تدریجی شکل بگیرند و انجام شوند.

هاتون با دلوک در تقابل کامل بود. علائق اولیه‌ی او شیمی بود، که از این جهت به حوزه‌ی طب هدایت شد اما هرگز به طور جدی به طبابت نپرداخت. وی در رشته‌ی حقوق هم درس خواند و آموزش دید. فرایندی را برای تولید آمونیم کلراید، یک ماده‌ی شیمیایی صنعتی مهم، ابداع کرد و همین هم برایش درآمد ثابت و پایداری به بار آورد. او بعداً در نورفولک و حومه‌های ادینبرو به کشاورزی پرداخت و در جامعه‌ی روستایی به رضایت خاطر دست یافت و وقت کافی پیدا کرد که به پروراندن ایده‌های خود بپردازد. بعداً دوباره در ادینبرو، در خانه‌ای انباشته از سنگواره و ابزارآلات آزمایش‌های شیمیایی، سکونت گزید و با جیمز وات و جوزف بلک دوستی به هم زد.

کتاب‌های هاتون، مانند *نظریه‌ی زمین*، انتشاریافته در سال ۱۷۸۵، همگی حاکی از بصیرت و خرد خودش بودند و چنان فشرده نوشته شده و پیچیده و غامض بودند که تعداد اندکی می‌توانستند از پس فهم و درک آن‌ها برآیند، هرچند که آرا و حرف‌های هاتون ظاهراً در مواجهه‌ی رو در رو روشن‌تر و قابل فهم تر بود. خوشبختانه وی مریدان و شاگردانی داشت که می‌توانستند این ایده‌ها را به روشنی و وضوح بیشتری انتقال دهند؛ از جمله‌ی این افراد می‌توان از جان پلی‌فئر، که *شرح نظریه‌ی هاتونی زمین* را منتشر کرد، و چارلز لایل (**۱۸۲۹** که نوشته‌های دهه‌ی ۱۸۳۰ او تأثیر بسیار

---
1. uniformitarianism

زیادی بر چارلز داروین جوان نهاد) یاد کرد.

با نگریستن به گذشته‌ها، به نظر می‌رسد که ادعای هاتون، دلوک و حامیانشان بابت نظریه‌هایشان بیشتر از حد بوده است. هر دو طرف جزئی از حقیقت را بازگو می‌کردند. اکنون می‌دانیم که قسمت اعظم نمود و ظاهر زمین حاصل تغییرات بسیار کند در دوره‌های زمانی بسیار طولانی بوده است (که قطعاً نظر غالب در قرن نوزدهم نیز همین بوده است). اما رویدادهای فاجعه‌بار هم تأثیرگذار بوده‌اند، از جمله طغیان‌های آتشفشانی شدید و برخورد سیارک‌ها با زمین (**۱۹۸۰**). همین امر در مورد مباحثات و مناقشه‌های نپتونیست‌ها و پلوتونیست‌ها، که هاتون در این هنگامه هم بسی فعال بود (**۱۷۷۵، ورنر**)، صادق است. سنگ‌ها هم در زیر آب تشکیل می‌شدند (سنگ‌های رسوبی) و هم در نتیجه‌ی سفت و سخت شدن مواد مذاب گدازه‌های آتشفشانی شکل می‌گیرند (سنگ‌های آذرین).

یان اینگنهوس: گیاهان چگونه هوا را می‌پالایند

۱۷۷۹ دلایل زیادی داریم که یان اینگنهوس، طبیب هلندی، را به یاد بسپریم. یکی از آن‌ها پرچمداری وی در مایه‌کوبی بر علیه آبله (**۱۷۹۶**) است. اینگنهوس به دعوت یک دوست خانوادگی که از قضا رئیس انجمن سلطنتی و پزشک شاه جورج سوم بود، در سال ۱۷٦۵ به لندن رفت، طبابت موفقی را در آنجا برپا کرد و با چهره‌های برجسته‌ای چون جوزف پریستلی دیدار کرد.

پادشاه اینگنهوس را به وین فرستاد تا خانواده‌ی ماریا ترزا، ملکه‌ی اتریش را (که شامل شاهزاده خانم جوان و ماری آنتوانت بعدی، با آن سرنوشت غم‌انگیز، هم می‌شد) مایه‌کوبی کند. وی در آنجا به مقام پزشک دربار برگمارده شد، که مجال و وسایل کافی انجام آزمایش در اختیارش قرار گرفت. وی در سال ۱۷۷۹ به لندن بازگشت و در آنجا کتابی با عنوان جالب *آزمایش‌هایی بر روی گیاهان: کشف قدرت عظیم پالایش هوای معمولی در آفتاب و قدرت آسیب رساندن به آن در سایه و در شب*، منتشر کرد. این عنوان جمع‌بندی آن چیزی است که وی ظرف یک دهه تحقق در وین یافته بود.

پریستلی نشان داده بود (**۱۷۷۱**) هوای نامناسب برای تنفس یا ناتوان به پایدار نگه داشتن شعله‌ی آتش را می‌توان در حضور گیاه سبز بازیابی کرد. همه می‌دانستند که گیاهان برای ادامه‌ی حیات و رشد به نور نیاز دارند؛ گیاهی که مدتی طولانی در تاریکی می‌ماند، پژمرده می‌شد و می‌خشکید. آیا برای این‌که گیاهی هوا را پاکیزه کند به نور نیز نیاز داشت؟ اینگنهوس پی برد که چنین است. نه تنها گیاه محروم از

نور نمی‌تواند هوایی را پاکیزه کند که بر اثر سوختن شمع یا تنفس موش کیفیتش را از دست داده است، بلکه گیاه خودش هم به هوا «آسیب می‌رساند». گیاه نیز مانند جانوران «تنفس می‌کند».

اینگنهوس به موضوع دیگری هم توجه کرد. اگر ساقه و برگ‌های یک گیاه را در آب قرار می‌دادند، حباب‌های کوچکی روی برگ‌ها و اجزای سبز ساقه تشکیل می‌شد. اما فقط در نور روز و زیر تابش آفتاب این حباب‌ها شکل می‌گرفتند. حباب‌های یاد شده، در تاریکی ناپدید می‌شدند. به این ترتیب گیاهان با برآمدن روز گازی را رها می‌کنند که در آن موقع آن را «هوای خالص» نامیدند، اما در شب چنین فعالیتی قطع می‌شد. این حباب‌ها به آهستگی بیرون می‌آمدند. هرگاه مجال و زمان کافی وجود می‌داشت، می‌شد نمونه‌ای از این گاز گردآوری و آزمایش کرد. مجاورت این گاز سبب می‌شد قطعه‌ی چوب سرخ شده بر اثر آتش، شعله‌ور شود. همین گاز یا «هوای آتشین یا هوای آتش» بود، که پریستلی در سال **۱۷۷٤** آن را شناسایی کرد و در سال ۱۷۷۸ آن را اکسیژن نامید (**۱۷۷۵**). همین گاز بود که حالا دیگر آن را برای تنفس و سوختن ضروری شناخته بودند، و گیاهان آن را تولید می‌کردند.

دویست سال پژوهش لازم بود تا این فرایند روشن و واضح شود. یافته شدن و نامیده شدن رنگدانه‌ی سبز، سبزینه یا کلروفیل (**۱۸۱۸**) که این فرایند را ممکن می‌سازد، از آن جمله است.

اوراس د سوسور: کاوش رشته کوه‌های آلپ

۱۷۷۹

اوراس د سوسور برای این‌که بتواند علم و دانش خود را با عشق به طبیعت در هم آمیزد، از موقعیت مناسبی برخوردار بود. وی در مقام استاد فلسفه در دانشگاه ژنو به مدت بیست و پنج سال، رشته کوه‌های آلپ سویس را در درگاه خانه‌ی خود می‌دید. سوسور نیز مانند هم‌وطنش ژان دلوس (**۱۷۷۸**)، این رشته کوه‌ها را به نحو همه جانبه‌ای پویید، سنگ‌ها و گیاهانش را مطالعه کرد، نقشه‌هایش را ترسیم و آب و هوایش را وارسی کرد، و نخستین نشریات علمی خود را در سال ۱۷۷۹ تحت عنوان *سفرهایی در رشته کوه‌های آلپ* منتشر کرد. سوسور کوهنوردی حرفه‌ای بود، و سومین نفری به شمار می‌آید که به قله‌ی مون بلان، بلندترین قله‌ی رشته کوه‌های آلپ، پای نهاده است.

وی بزرگ‌ترین سهم را به «زمین‌شناسی» ادا کرده است (احتمالاً نخستین کسی بوده که این نام جدید را به این مبحث اطلاق کرده است). وی رشته کوه‌های آلپ

را کلید فهم و درک تاریخچه و پیشنه‌ی کل کره‌ی زمین تلقی می‌کرد، و به یکی از کارشناسان ترکیب و ساختار سنگ‌ها و صخره‌های آن تبدیل شد. این معرفت و شناخت او را به حمایت از دیدگاه «نپتونیست‌ها» (**۱۷۷۵**) هدایت کرد، که این دیدگاه حاکی از آن بود که تمام سنگ‌ها در زیر آب تشکیل شده‌اند، و برعکس نگاه و نظر «پلوتونیست‌ها» به‌شمار می‌آمد.

وی به دلیل این‌که مدت زیادی را در فضای آزاد و طبیعت می‌گذرانید، به وضعیت آب و هوا علاقه و توجه زیادی پیدا کرد، و هزاران قرائت از دما، فشار و سایر متغیرهای آب و هوایی را ثبت کرد، که بسیاری از آن‌ها در ارتفاع بالا انجام می‌شد. وی برای تعیین مقدار رطوبت هوا، «نم‌سنج مویی»[1] را ابداع کرد. در این وسیله از رشته‌های موی آدمی بهره برده می‌شد که بسته به این‌که هوا مرطوب یا خشک می‌بود، کش می‌آمدند یا کوتاه می‌شدند. وی ابزاری داشت، که عمدتاً خودش آن‌ها را طراحی کرده بود، و همه چیز را از آبی بودن رنگ آسمان تا دمای اعماق خاک، اندازه‌گیری می‌کردند. وی پی برد که دما در عمق ۱۰ متری زیر زمین نسبت به دمای سطح زمین شش ماه تأخیر دارد، و دما در ته دریاچه‌های عمیق هرگز تغییر نمی‌کند.

ویلیام هرشل سیاره‌ای جدید را پیدا می‌کند

۱۷۸۱ از دوران باستان، فقط پنج سیاره (غیر از زمین) شناخته شده بود: عطارد (تیر)، زهره (ناهید)، مریخ (بهرام)، مشتری (برجیس) و زحل (کیوان). این سیاره‌ها، همراه با خورشید و ماه، اجرام آسمانی هفتگانه را تشکیل می‌دادند. هفت یک عدد قدرتمند است، و دیگر انتظار نمی‌رفت سیاره‌ای یافته شود. این نظر باعث نشد که ویلیام هرشل، آلمانی‌تباری که در انگلستان زندگی می‌کرد، از اضافه کردن به این عدد باز ایستد؛ وی این کار را در سال ۱۷۸۱ انجام داد. وی با بهره‌گیری از یکی از بهترین تلسکوپ‌های آن زمان در رصدخانه‌اش واقع در بات در باختر انگلستان، شیء ستاره‌مانند کم‌سویی را یافت که نمی‌توانست ستاره باشد، زیرا هر شب به مسافت بسیار اندکی در زمینه‌ی سایر ستارگان جابه‌جا می‌شد.

هرشل، مانند گالیله که اقمار مشتری را که در سال **۱۶۱۰** یافته و آن‌ها را به نام خاندان مدیچی نامیده بود، سیاره‌ی جدید خودش را به نام پادشاه انگلستان، ستاره‌ی جورج نامید. اندک زمانی نگذشت که این سیاره به نام اورانوس مشهور شد، و امروزه هم آن را به همین نام می‌شناسند. در اساطیر رومی، اورانوس پدر ساترن (زحل یا

1. Hair hygrometer

کیوان)، و ساترن یا زحل هم پدر مشتری (ژوپیتر) بوده است.

اندازه‌گیری‌ها نشان داد که مدت زمان یک بار گشتن این سیاره‌ی جدید به دور خورشید، تقریباً سه برابر مدت زمانی است که دورترین سیاره‌ی شناخته شده، یعنی زحل، خورشید را دور می‌زند. پس، بنا بر قوانین کپلر، فاصله‌ی این سیاره تا خورشید دو برابر فاصله‌ی زحل تا خورشید بود. همین یک کشف ابعاد شناخته شده‌ی منظومه‌ی شمسی را دو برابر کرد. در این خصوص که آیا این شیء آسمانی دنباله‌دار است یا سیاره مباحثه و مناقشه‌هایی در گرفت، اما همین‌که پی بردند مدار آن تقریباً دایره‌ای است و نه کشیده (بیضوی)، سیاره بودنش تثبیت شد. هرشل از آن پس بیشتر وقت خود را، به عنوان نوازنده‌ی ارگ و آهنگساز، به موسیقی اختصاص داد. در این هنگام آوازه‌ای به هم رسانده و ستاره‌شناسی زندگی و حیات او را متأثر کرده بود. وی که به مقام منجم شاه گمارده شد (مقامی که با منجم سلطنتی فرق داشت)، به مدت چهل سال از اسلاو، غرب لندن، که بزرگ‌ترین تلسکوپی را که تا آن موقع ساخته شده بود در آنجا مستقر کرده بود (**۱۷۸۹**)، به کاوش و بررسی آسمان ادامه داد. خواهرش کارولین نیز مانند خودش هم در نجوم و ستاره‌شناسی و هم در موسیقی صاحب قریحه و استعداد بود. وی سالیان سال در هر دو حوزه دستیار برادر بود و به تنهایی خودش هم به اکتشاف‌های مهمی توفیق یافت که از آن جمله می‌توان یافتن تعدادی ستاره‌ی دنباله‌دار جدید را برشمرد. وی قطعاً نخستین زنی است که در تاریخ علم به چهره‌ای برجسته تبدیل شده است. ◀◀ **۱۷۸۹**

نظاره‌ی وضع آب و هوا

۱۷۸۳

همچنان که از عصر روشنگری سپری می‌شد، راز و رمز پدیده‌های طبیعی مانند آب و هوا و وضع هوا بیشتر گشوده می‌شد و هراس از آن هم بیشتر کاهش می‌یافت. یک قرن پیش‌تر، ادموند هالی (**۱۶۷۶**) پیوند تنگاتنگ بین تغییرات فشار هوا، که با فشارسنج اندازه‌گیری می‌شد، و رویدادهای عمده‌ی آب و هوا را نشان داده بود. وقتی فشار افت می‌کرد، احتمال بروز توفان افزایش می‌یافت؛ «بالا رفتن درجه‌ی فشارسنج» معمولاً به معنای بهبود وضع هوا بود. همین موارد حاکی از آن بودند که وضع هوا را می‌توان توضیح داد و حتی پیش‌بینی کرد.

بینش و روشن‌بینی بنیامین فرانکلین آمریکایی این ایده را تقویت کرد (**۱۷۵۱**). وی با پیگیری گزارش‌های روزنامه‌ها متوجه گرایش حرکت توفان‌ها از غرب به شرق، دست‌کم در عرض‌های جغرافیایی اروپا و مهاجرنشین‌های آمریکایی، شد. اگر به بروز

توفانی در زمان مشخصی (که از روی منطقه‌ای با فشار پایین مشخص می‌شد) پی می‌بردیم، می‌توانستیم برآورد کنیم که یک یا دو روز بعد به کجا خواهد رسید و از این رو نسبت به بروز آن هشدار دهیم.

اما ابتدا باید از طریق مشاهدات همزمان بر فراز ناحیه‌ای وسیع، دیدی کلی نسبت به وضعیت هوای آنجا به دست آوریم. در طول قرن‌های هفدهم و هجدهم، تک تک هیئت‌های علمی گوناگون و فرمانروایان محلی شبکه‌های مشاهده‌گرانی را سازماندهی کرده بودند، اما تلاش و اقدام‌های آنان عمدتاً عمر کوتاهی داشته است.

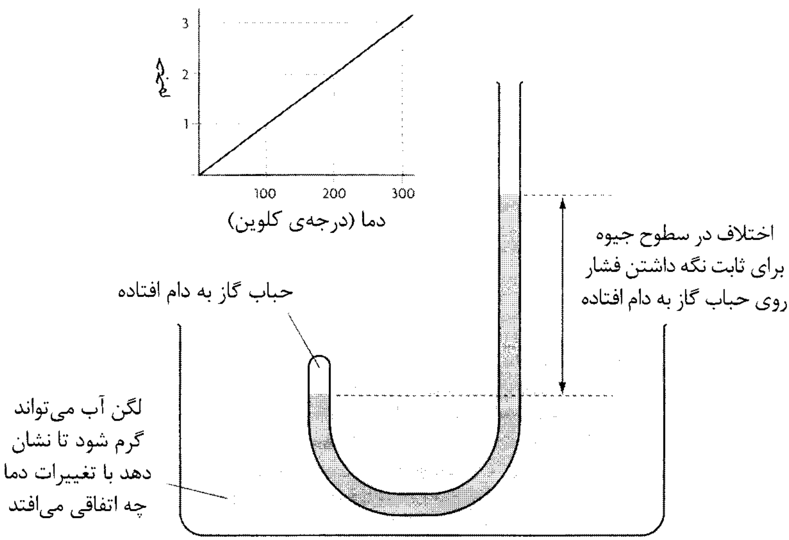
در دهه‌ی ۱۷۸۰ انجمن هواشناسی مانهایم در آلمان شبکه‌ی گسترده‌ای را برپا کرد، که به این وسیله پژوهشگران توانستند یک «نقشه‌ی هواشناسی یا نقشه‌ی وضع هوا» را برای کل اروپا و برای هر روز در سال ۱۷۸۳ ترسیم کنند. این دستاورد سترگی بود، اما زمانی که برای گردآوری داده‌ها و اطلاعات سپری می‌شد حاکی از آن بود که نقشه‌ها تا ماه‌ها و حتی سال‌ها پس از وقوع رویداد مربوطه کامل نمی‌شدند. و این امر تحقق نیافت تا این‌که در نیمه‌ی قرن نوزدهم تلگراف پای بر عرصه‌ی وجود نهاد و توانستند نقشه‌های وضع هوا را با سرعتی چندان کافی کنار هم گرد آورند که مبنای پیش‌بینی هوا قرار گیرد. تا دهه‌ی ۱۸۶۰ نقشه‌های وضع هوا تغییرات فشار هوا را بر فراز نواحی گسترده‌ای نشان می‌دادند که در روزنامه‌های عمده و کثیرالانتشار منتشر می‌شد (**۱۸۶۹ گالتون**).

ژاک شارل: علم و پرواز با بالون

۱۷۸۳ ژاک شارل فرانسوی هم در مطالعه‌ی گازها و هم پیگیری جسورانه‌ی بالون‌سواری، چهره‌ی سرشناسی بود. شارلِ حدوداً سی‌ساله، با آموزش علمی اندک، در بخش دولتی پاریس کار می‌کرد که بنیامین فرانکلین، سفیر آمریکا، به دیدارش آمد. شارل برانگیخته شد تا از طریق فراگیری آزمایش‌های علمی فرانکلین (**۱۷۵۱**) خود به آموزش علم بپردازد. در ظرف چند سال به آنجا رسید که برای همگان سخنرانی می‌کرد؛ چندی نگذشت که به عضویت فرهنگستان علوم درآمد و وجهه و اعتبارش هر روز بالا می‌رفت.

در اوایل سال ۱۷۸۳، برادران مونگولفیه بالونی پر از هوای داغ به آسمان فرستادند که چند حیوان را هم حمل می‌کرد. فرهنگستان از شارل درخواست کرد این شیوه‌ی جدید سفر را بررسی کند. وی فکر کرد که برای پرواز بی‌خطرتر و مطمئن‌تر با بالون، بالون باید

از «هوای قابل اشتعال» (هیدروژن) بسیار سبک پر شود ــ هنری کاوندیش این گاز را کشف کرد (**۱۷٦٦**) ــ نه این‌که آن را از هوایی پر کنند که با آتش گرم می‌شود.



*ژاک شــارل، با این دستگاه که خیلی به دستگاه مورد استفاده‌ی رابرت بویل در **۱٦۵۹** بسیار شــبیه است، نشان داد که اگر فشــار روی یک حباب گاز به دام افتاده ثابت نگه داشته شود، حجــم حباب به طور مســتقیم با بالا رفتن دما افزایش می‌یابــد. تعدادی از پژوهندگان دیگر قانون شارل را تأیید کردند.*

در ماه آگست همان سال، شارل بالون خود را از هیدروژنی انباشت که از ریختن اسید سولفوریک روی آهن قراضه (و بعداً روی) تولید می‌شد. این بالونی که از زمینی به هوا فرستاده می‌شد که اکنون برج ایفل در آنجا مستقر است، فقط می‌توانست ده کیلوگرم بار بلند کند. از جمله‌ی ناظران این ماجرا یکی هم بنیامین فرانکلین بود. تا پایان همان سال شارل، برادرش و افراد جسور دیگری به پروازهای دسته‌جمعی بر فراز پاریس دست می‌زدند در حالی که در زیرِ بالون پر از گاز آویخته بودند.

پس از کوتاه زمانی آشکار شد همچنان‌که بالون بالا می‌رود، بر اثر کاهش فشار منبسط می‌شود؛ این امر در قانون بویل هم پیش‌بینی شده بود (**۱٦۵۹**). پرواز بالون‌های هوای داغ نشان داد که گرم کردن گاز هم حجم آن را می‌افزاید (آن را منبسط می‌کند).

در سال ۱۷۸۷ شارل با استفاده از یک لوله‌ی J شکل این رابطه را کشف کرد؛ رابرت بویل هم در مطالعات خود بر روی گازها به این رابطه رسیده بود. شارل این لوله را در یک لگن آب قرار داد به طوری که می‌توانست دمای گاز را تغییر دهد. با ثابت نگه داشتن اختلاف بین سطوح ستون جیوه در دو شاخه‌ی لوله، وی فشار گاز به دام افتاده را یکنواخت نگه داشت. نتیجه آشکار بود. حجم گاز به دام افتاده به تدریج با تغییر کردن دما کم و زیاد می‌شد. این رابطه‌ی مستقیم را معمولاً، و شاید هم به ناحق، قانون شارل نامیده شده است.

قانون شارل (قانون گی- لوساک)

هرگاه مقدار ثابتی گاز در فشاری ثابت نگه داشته شود، حجم آن با دمای (مطلق)اش تناسب مستقیم دارد. اگر دمای گاز به اندازه‌ی یک درجه‌ی سلسیوس (۱) کم و زیاد شود، حجم آن به اندازه‌ی $\frac{۱}{۲۷۳}$ حجمش در $0^\circ C$، افزایش یا کاهش می‌یابد.

شارل نخستین کسی نبود که این یافته را اعلام کرد (شیمیدان و بالون‌سوار فرانسوی و همکارش، ژوزف گی- لوساک آن را در سال ۱۸۰۲ اعلام داشت)؛ وی نخستین کسی هم نبود که این رابطه را کشف کرد. افتخار این کشف متعلق به فرانسوی دیگری، گیُم آمونتون است که به سال **۱۷۰۲** برمی‌گردد. دستگاه شارل به نحو قابل فهمی بهتر از دستگاه آمونتون بود. اندازه‌گیری‌های دقیق‌تر او بعداً به دیگران کمک کرد تا دمایی را بیابند که یک گاز، در حالی که بر اثر سرد شدن حجمش جمع می‌شود و کاهش می‌یابد، در آن دما دیگر فضایی را اشغال نکند. این دما را بعداً «صفر مطلق» نامیدند (۱۸٤۸).

جان میچل «سیاهچاله‌ای» را به تصور درمی‌آورد

۱۷۸۳ جان میچل کم‌تر شناخته شده سال‌های آخر حیاتش را در مقام یک کشیش روستا در یورکشایرِ انگلیس در سکوت و انزوا طی کرد، و با این احوال آنگ خود را بر بسیاری از حوزه‌های علم باقی نهاد. وی در جوانی استاد زمین‌شناسی کمبریج بوده و حتی برای عضویت در انجمن سلطنتی نیز برگزیده شده بود.

میچل، در میان بسیاری از نتایج یک حیات پر بار، ترازوی پیچشی[1] را هم اختراع کرد، که می‌توانست نیروهای بسیار کوچک یک نخ تابیده را هم اندازه‌گیری کند. وی خودش با این اختراع کاری انجام نداد، اما هنری کاوندیش، دوستش، آن را برای اندازه‌گیری نیروی بین بارهای الکتریکی به کار گرفت (شارلوکن فرانسوی، که وسیله‌ی مشابهی را اختراع کرده بود، در چاپ و انتشار این اختراع در سال **۱۷۸۵** از وی پیشی گرفت). کاوندیش از این ترازو برای اندازه‌گیری نیروی گرانش و از این رو وزن کره‌ی زمین بهره گرفت (**۱۷۹۸**).

میچل نخستین کسی بود که حدس زد (**۱۷۵۵**) زمین‌لرزه‌ها ناشی از حرکات و تنش‌های بین لایه‌های سنگ در زیر زمین‌اند. وی روشی را هم برای تعیین درخشندگی واقعی ستارگان پیشنهاد کرد و راه‌های بسیار کارآمدی را برای ساختن آهنربای مصنوعی ابداع کرد.

شاید نکته بسیار شگفت از این قرار باشد که میچل نخستین کسی بود که شیء یا ناحیه‌ای از فضا را تجسم کرد که نور از آن نمی‌تواند بگریزد. در سال ۱۷۸۳ استدلال کرد که هر چیزی از بینهایت به سوی ستاره‌ای سقوط کند که جرمش مثلاً پانصد برابر جرم خورشید است، با سرعتی سریع‌تر از سرعت نور به آن ستاره خواهد رسید. به این ترتیب حتی یک پرتو نور، با سرعت فوق‌العاده‌اش، نمی‌تواند از این ستاره بیرون آید (بگریزد) و به بینهایت برسد؛ بلکه به نحو اجتناب‌ناپذیری سرعتش کاهش می‌یابد، متوقف می‌شود، و دوباره برمی‌گردد و به داخل آن ستاره سقوط می‌کند. از این رو از چنین «ستاره‌ی تاریکی» هیچ نوری نمی‌تواند خارج شود. این استدلال، مبتنی بر ایده‌های نیوتون، موهوم و سفسطه‌آمیز تلقی شد، اما با گذشت زمان پی بردند که سیاهچاله‌ها وجود دارند (**۱۹۱۶**).

رنه ژوست آئوئی: ارباب بلورها

۱۷۸۴ تحقیقات جدی رنه ژوست آئوئی، کشیش فرانسوی، در مطالعه و بررسی بلورها، چنان که گفته شده، به طور تصادفی آغاز شد. وی در حالی که به مجموعه‌ای زیبا از بلورهای کانی‌های گوناگون متعلق به یکی از دوستانش نگاه می‌کرد، یکی از آن‌ها به زمین افتاد. در حالی که خرده ریزه‌های بلور شکسته را از دستان و روی زانوهایش پاک می‌کرد، متوجه شد که این تکه‌ها، هر چند اندازه‌ی

1. Torsion balance (torsion balancer)

مختلفی داشتند، شکل همگی یکسان است.

آئوئی قبلاً در حوزه‌ی گیاه‌شناسی کارهایی کرده و در جلسات درس کانی‌شناسی حضور یافته بود. وی مطالعه و بررسی دقیق و فشرده‌ای را در خصوص بسیاری از انواع بلورها آغاز کرد و جنبه‌ی مشترکی را در آن‌ها یافت. هر چقدر هم که بلورهای مختلف کانی یکسانی بروز خارجی یکسانی داشتند، جملگی در شکلی از ساختار داخلی مشترک بودند. گویی ذرات بلورها به نحوی بارز نسبت به یکدیگر آرایش یافته بودند. این آرایش خطوط شکستگی و ضعفی ایجاد می‌کرد که در امتداد آن‌ها کانی «شکاف برمی‌داشت» و به تکه‌های منظمی با یال‌هایی تقسیم می‌شد که این یال‌ها نسبت به یکدیگر زوایای منظمی تشکیل می‌دادند. «شکافتگی یا رَخ» به یکی از وسایل شناختن کانی‌ها تبدیل می‌شود.

این یکی از نمونه‌های اولیه‌ی آن چیزی بود که در حکم حقیقتی در شیمی قرن نوزدهم شناخته شد. خواص هر ماده نه تنها به این بستگی دارد که چه عنصر یا ترکیبی در آن وجود دارد، بلکه به این هم وابسته است که اتم‌ها و مولکول‌های این مواد شیمیایی چگونه آرایش یافته باشند. ساختار و انسجام ساختمانی می‌تواند به اندازه‌ی ترکیب مهم باشد. رشد و گسترش شیمی آلی مدارک و گواهان فراوانی را بعداً در این مورد فراهم آورد (۱۸۲۸).

آئوئی ایده‌های خود را در قالب یک کتاب تأثیرگذار به رشته‌ی تحریر درآورد که در سال ۱۷۸٤ انتشار یافت؛ این اتفاق کوتاه زمانی پس از انتخابش به عنوان عضو فرهنگستان علوم فرانسه افتاد. بنا به درخواست چهره‌های پیشتاز آکادمی (فرهنگستان)، وی در خصوص ایده‌های جدیدش سخنرانی‌هایی کرد و به زودی به عنوان خبره و متخصصی معتبر شناخته شد.

زندگی آئوئی به‌عنوان پسر یک بافنده‌ی (نساج) فقیر آغاز شد و آموزش خود را مرهون کشیش‌هایی بود که به صدای آواز او علاقمند شده بودند. وی به مدت بیست سال در کالجی متعلق به کلیسا علوم تدریس می‌کرد تا این‌که خود را بازنشسته کرد تا تمامی وقتش را صرف تحقیقاتش کند. وی از جانب انقلابیون به زحمت و رنج زیادی افتاد، زیرا مانند بسیاری از کشیش‌ها از سوگند وفاداری به انقلاب سر باز زد، اما جان سالم به در برد و به استادی کانی‌شناسی موزه‌ی تاریخ طبیعی پاریس رسید. وی در فقر و تنگدستی درگذشت، اما وجهه و آوازه‌ی او چنان بود که به وی سمت کشیش افتخاری کلیسای جامع نتردام را بخشید و یکی از نخستین کسانی بود که نشان افتخار (لژیون دونور) را دریافت کرد.

ویلیام ویدرینگ: درمانی برای «آب‌آوردگی یا استسقا»

۱۷۸۵ اعضای انجمن انحصاری وابسته‌ی قمری بیرمنگام (۱۷٦۵) جماعتی در هم و گوناگون بودند، اما همگی در حوزه‌ی کاری خود از افراد سرشناس و معتبر به‌شمار می‌آمدند. ویلیام ویدرینگ پزشکی اهل ادینبورگ (ادینبرو) بود. وی وقتی به «انجمن قمری» پیوست که در سال ۱۷۷۹ به بیمارستان عمومی بیرمنگام منتقل شد. آوازه‌ی او عمدتاً مرهون یک تک‌اکتشاف است. به نظر می‌رسد که او داشت یک بیمار مبتلا به آب‌آوردگی (عارضه‌ای در قلب ناشی از جمع شدن مایعات) را معالجه می‌کرد. پس از آن‌که این بیمار داروی گیاهی متعارفی را مصرف کرد، به نحو درخور توجهی بهبود یافت. نگرش ویدرینگ از این قرار بود که برخی مواد خاص در این مخلوط کار این درمان را انجام داده‌اند، و پی برد این ماده در برگ‌های گیاهی به نام گل انگشتانه یافت می‌شود.

این ماده‌ی فعال را اکنون به نام دیژیتال می‌شناسند، که همان نام علمی گل انگشتانه است. این دارو هم در مورد تپش آهسته‌ی قلب و هم تپش تند آن کارآیی دارد، گردش خون را بهبود می‌بخشد و از این رو مثلا (پُری) دستگاه گوارش را برطرف می‌کند. ویدرینگ به مدت ده سال روی این روش درمان کار کرد، و آزمایش‌های بالینی انجام داد و عوارض جانبی آن را آزمود. در سال ۱۷۸۵ یافته‌های خود را در قالب کتابی با عنوان *شرحی در خصوص گل انگشتانه و مصارف طبی آن* منتشر کرد.

البته، درمان و داروهای گیاهی جزء جاافتاده‌ای از طب آن زمان به‌شمار می‌آمد. برخی از آن‌ها پیشینه‌ای طولانی داشتند، و برخی هم در اروپا جدید بودند، مانند «پوست معجزه‌گر» که گیاه بومی آمریکای جنوبی بود و مالاریا را درمان می‌کرد و بعداً از آن ترکیب خالص گنه گنه (کنین) را استخراج کردند. یافتن راه‌های جدید درمان یکی از دلایل اصلی مطالعه روی گیاهان و بررسی آن‌ها، دست‌کم در دوران پیش از لینه (**۱۷۵۳**)، بوده است. اکنون شاید برای نخستین بار، آدمی پی برده بود که چرا دارویی سنتی کارآیی داشت، و چگونگی مصرف بهینه‌ی آن را درک کرده بود.

آنتوان لاووازیه: پایان عصر «چهار عنصر»

۱۷۸۵ تا ۱۷۸۵ نظریه‌ی مقدس «چهار عنصر» (خاک، باد [هوا]، آتش، آب) دیگر به تمامی منسوخ و عمارت آن سرنگون شده بود. ایده‌ی «خاک» به عنوان یک عنصر همان موقع هم دیری بود که از اعتبار افتاده بود. از آنجا که «خاک‌های» بسیار

متفاوتی، با ترکیب‌هایی بسیار گوناگون، کشف شده بود، مفهوم و تصور یک تک «گوهر خاک» نه تنها بدون توجیه بلکه بی‌فایده به نظر می‌رسید.

مفهوم «هوا» به عنوان یک عنصر به زیر مهمیز بررسی و موشکافی دقیق کار شِله‌ی سوئدی، ژوزف پریستلیِ انگلیسی و دانیل رادرفورد و ژوزف بلک اسکاتلندی کشیده شده بود. ایده‌های آنان را آنتوان لاووازیه‌ی فرانسوی جمع‌بندی کرد، تعمیم داد و قطعی کرد. آنان که اسناد و مدارک آن‌ها را پذیرفتند (و همه هم این کار را نکردند) اکنون چندان تردیدی نداشتند که هوا، دست‌کم از همان نوع متداولی که تنفس‌اش می‌کنیم، آمیزه‌ای از گازهاست، و نه یک ماده‌ی ساده. قسمت اعظم آن «هوای مرگبار» یا «هوای مسموم» است که نه می‌سوخت و نه امکان سوزاندن را می‌دهد، و حیوانات (جانداران) در آن دستخوش خفگی می‌شدند و می‌میرند. نسبت کوچک‌تری از آن، در حدود ۲۰ درصد، «هوای حیاتی» یا «هوای کلاً قابل تنفس» بود؛ این هوا امکان سوختن اشیاء را فراهم می‌آورد و به موجودات اجازه‌ی تنفس می‌داد. لاووازیه این گازها را ازت و اکسیژن نامیده بود؛ اولی را اکنون نیتروژن می‌نامند. افزون بر این‌ها، هوای حاوی مقادیر کمی «هوای تثبیت شده» (کربن دیوکسید) و آب به صورت بخار (بخار آب) بود. این مؤلفه‌های بسیار متفاوت را می‌شد به سادگی زیادی از هم جدا کرد. هیچ «گوهر هوایی» نمی‌توانست این تنوع را توضیح دهد.

آب موجود بعدی بود که مرتبه و شأن عنصر بودن آن انکار می‌شد. هنری کاوندیش انگلیسی قبلاً از طریق سوزاندن «هوای قابل اشتعال» خود، که لاووازیه آن را اکسیژن (آب‌ساز) نام نهاد، آب تولید کرده بود. هیدروژن سوزان با اکسیژن ترکیب شیمیایی می‌شد، و آب ــ که ترکیب بود و نه عنصر ــ تولید می‌کرد. در سال ۱۷۸۵ لاووازیه ماهیت راستین آب را به شیوه‌ای چشمگیر در برابر مخاطبانی پرشمار تشریح کرد. وی آب را به جوش آورد سپس بخار آن را از روی آهنی سرخ شده از حرارت عبور داد، که با این کار آب به گازهای تشکیل‌دهنده‌اش تجزیه شد. هیدروژن و اکسیژن را جمع‌آوری کرد، و آن‌ها را در یک حباب شیشه‌ای بزرگ مخلوط کرد و با جرقه مشتعلشان کرد. بار دیگر آب اولیه ظاهر شد.

آنچه باقی ماند فقط «آتش» بود. لاووازیه با اطمینان کامل مفهوم «گوهر آتش» را، به جای آکا «فلوژیستون» قرار داد، که برای توضیح دادن سوختن از طریق نظریه‌ای که متضمن اکسیژن بود، از آن سود جست (۱۷۷۵). این ماجرا باید دیگر ختم موضوع می‌بود. اما لاووازیه خودش با پای‌فشاری بر این موضوع که یک «گوهر گرما»، مایعی بی‌وزن موجود در مقادیر بیشتر اجسام گرم و نه اجسام سرد، موضوع را مغشوش و

در واقع آب را گل‌آلود کرد. وی این «کالریک یا گرمایی» را در صدر فهرست عناصر خود قرار داد (**۱۷۸۹**). باید نیم قرن آزمایش انجام می‌شد تا این ایده از اعتبار ساقط شود، هر چند که نخستین بار در **۱۷۹۸** (آن هم از جانب سر دومش!) به چالش کشیده شد. ◀◀ **۱۷۸۹**

شارل کولن و قانونش

۱۷۸۵ در آن موقع در نتیجه‌ی مشاهدات فراوان (**۱۷۳۳**) آشکار شده بود که بارهای الکتریکی یکدیگر را می‌ربایند و می‌رانند. اما نیروهای این رانش و ربایش از چه قانونی پیروی می‌کنند؟ یکصد سال پیش‌تر همین پرسش درباره‌ی نیروی گرانش مطرح شده بود؛ آیزاک نیوتون پاسخ دقیق و روشنگری به این پرسش داده بود (**۱٦۸۷**).

بنیامین فرانکلین آمریکایی و ژوزف پریستلی انگلیسی به سرنخی دست یافتند: اگر ظرف فلزی توخالی‌ای برق‌دار می‌شد، تمامی بار روی سطح خارجی آن می‌نشست، و در درون آن هیچ اثری احساس نمی‌شد. بنا بر قانون نیوتون، در داخل کره‌ای توخالی هیچگونه نیروی گرانشی برقرار نیست. از اینجا حدس زدند که بارهای الکتریکی هم از قانونی از نوع قانون حاکم بر جرم‌ها، قانون «عکس مجذوری»، پیروی می‌کنند. به نظر می‌رسید که گویی دو برابر شدن فاصله‌ی بین دو بار نیروی ربایش (یا رانش) بین آن‌ها را به یک‌چهارم کاهش می‌دهد.

نخستین کسی که در راه اثبات این قانون تلاش کرد هنری کاوندیش انگلیسی گوشه‌نشین بود (**۱۷٦٦**)، اما او، مطابق معمول، در چاپ و انتشار یافته‌هایش تعلل کرد. در نتیجه، شارل کولن، مهندس ارتش فرانسه، نخستین کسی بود که در سال ۱۷۸۵ به انتشار آن اقدام کرد. بنابراین، قانون ربایش و رانش بین بارهای الکتریکی را قانون کولن می‌نامند. این‌که آیا قانون کاوندیش هم همین بوده است، گفته می‌شود که چنین است.

بارهایی که می‌شد برای آزمایش گردآوری کرد بسیار کوچک، و از این رو نیروهای بین آن‌ها نیز ضعیف بودند. کولن، برای دستیابی به حساسیت مورد نیاز، ترازوی پیچشی را ابداع کرد. در ترازوی پیچشی، به جای بهره‌گیری از نیروی گرانش که در ترازوی معمولی انجام می‌شود، از نیروهایی سود می‌جستند که در سیم فلزی پیچیده جایگزین می‌شوند. کاوندیش از ابزار مشابهی استفاده می‌کردکه مستقل از

دوستش، جان میشل استثنایی (۱۷۸۳)، ابداع کرده بود و بعداً نیروی گرانشی را با آن اندازه گرفت (۱۷۹۸). این نیروهای (الکتریکی) نیز مانند گرانش بیشتر به فاصله وابسته بودند. اندازه‌ی بارهای الکتریکی به وجود آمده نیز یک عامل به‌شمار می‌آمد. حق تقدم کولن سبب شد که یکای بار الکتریکی را کولن نام نهند (این یکا می‌توانست به نام کاوندیش باشد!).

قانون کولن

نیروی بین هر دو بار الکتریکی با اندازه‌ی حاصلضرب این بارها در یکدیگر نسبت مستقیم، و با مجذور فاصله‌ی بین آن‌ها نسبت معکوس دارد. این قانون از طریق معادله‌ی زیر بیان می‌شود:

$$F = \frac{k\ q_1 \times q_2}{d^2}$$

F عبارت است از نیرو بر حسب نیوتون (N)

q_1 و q_2 عبارت‌اند از دو بار بر حسب کولن

d عبارت است از فاصله‌ی بین این دو بار بر حسب متر

k مقداری است ثابت

مقدار k در این معادله (و معادله‌ی مربوط به نیروی بین دو قطب مغناطیسی) به چگونگی برقرار شدن میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی بستگی دارد. کمیت‌های مربوط به k همان اعدادی‌اند که جیمز کلرک ماکسول در محاسبه‌ی سرعت نور از آن‌ها سود جست (**۱۸۷۱**).

کولن

کولن عبارت است از یکای بار الکتریکی: یک کولن بار را جریان یک آمپری در مدت یک ثانیه حمل می‌کند. این یکا همچنین با کل بار ششصد هزار میلیون میلیون میلیون الکترون (۶×۱۰^{۲۳} الکترون) برابر است.

هرچند که امروزه کولن را عمدتاً به خاطر کارهایش در حوزه‌ی الکتریسیته و مغناطیس به خاطر می‌آورند (وی همچنین پی برد که نیروی بین آهنرباها عکس مجذوری است)، اما وی همه‌فن حریف، پر کار و پر ثمر بود، و از سال ۱۷۸۵ از جمله اعضای سرشناس آکادمی (فرهنگستان) علوم فرانسه محسوب می‌شد و در بسیاری زمینه‌ها فعال بود، که از آن جمله می‌توان برخی علوم خارج از این حوزه را نیز برشمرد. وی چندان سهمی در رویدادهای توفانی زمانه‌ی خود نداشت، اما در زمان حکومت ناپلئون به سمت بازرس کل تعلیمات همگانی برگمارده شد. وی در ایجاد و برپا کردن شبکه‌ی دبیرستان‌ها در سرتاسر فرانسه نقش تعیین‌کننده‌ای را ایفا کرد.

لویی‌جی گالوانی: الکتریسیته‌ی جانوری

۱۷۸۶

تا اواخر قرن هجدهم، برای جدا و انبار کردن کمیت‌های زیاد الکتریسیته‌ی «ساکن» که از طریق اصطکاک حاصل می‌شد، دستگاه‌های قدرتمند و پیچیده‌ای در دسترس قرار گرفته بود. این مقادیر زیاد بار، که در وسیله‌هایی چون بطری لید (۱۷٤۵) انباشته و ذخیره می‌شد، می‌توانست تکان‌ها و جرقه‌های قابل ملاحظه‌ای ــ که اکثراً سبب سرگرمی و تفریح می‌شدند ــ تولید کنند، اما نه جریان باری پایدار و پیوسته و مداوم.

اعتبار برقراری نخستین جریان الکتریکی به لویی‌جی گالوانی، کالبدشناس ایتالیایی، تعلق می‌گیرد، هرچند که او خودش نمی‌دانست که چنین کاری را انجام داده است. حوزه‌ی علائق او زمینه‌ای بود که وی خودش آن را «الکتریسیته‌ی جانوری» نامید. جانوران گوناگون، مانند اژدر ماهی (ماهی برق) و «مارماهی برقی») به ایجاد شوک، گاهی بسیار شدید، مانند شوک ناشی از بطری لید شناخته می‌شد، و بنابراین فرض می‌شد که این شوک ناشی از یک تخلیه‌ی الکتریکی است.

گالوانی از در دیگری به این موضوع وارد شد. وی متوجه شد ماهیچه‌های پای قورباغه‌ای که او مشغول تشریح‌اش بود وقتی یک «ماشین الکتریکی» در اتاق به کار می‌افتاد، منقبض می‌شد. وی این تخلیه الکتریکی را با یک کاوشگر مسی به داخل بافت‌ها هدایت کرد و ملاحظه کرد که این بافت‌ها حتی بیشتر منقبض می‌شوند. شگفتی عظیم وقتی بروز کرد که او پاهای قورباغه را آویزان، و آن را روی یک نرده‌ی آهنی با نوارهای مسی مقید کرد. حتی وقتی هم که ماشین الکتریکی کار نمی‌کرد، ماهیچه‌های پای قورباغه کماکان در حال انقباض بودند.

گالوانی برای این اتفاق توضیح سریع و آماده‌ای ارائه داد. هرچند که قورباغه آشکارا مرده بود، ماهیچه‌هایش هنوز هم حاوی یک «مایع الکتریکی»، یک «نیروی حیاتی» بود که بر اثر تماس با مس و آهن آزاد می‌شد. پاهای قورباغه «برانگیخته یا گالوانیزه» شده بودند. این اصطلاح را هم‌وطن و هم روزگار گالوانی، الساندرو ولتا، پیشنهاد کرد، و در سطح وسیعی به کار رفت. نکته‌ی طنزآمیز این‌که، این ولتا بود که بعداً توضیح گالوانی را به چالش کشید، و نشان داد که پاهای قورباغه در این عمل کاری انجام نمی‌دهند (۱۸۰۰). گالیله به طور تصادفی نخستین «پیل گالوانی» را ساخته بود، که با استفاده از واکنش‌های شیمیایی جریانی الکتریکی تولید می‌کرد.

نیروی حیاتی الکتریکی گالوانی احتمالاً تصور غلطی بوده اما نام وی را پایدار نگه داشته است؛ نه تنها در «گالوانیزه کردن» بلکه در «گالوانومتر» هم نامش زنده است؛ گالوانومتر ابزاری است که بعداً برای اندازه‌گیری جریان های الکتریکی کوچک (کم‌دامنه) ساخته شد، و «گالوانیزه کاری یا رویینه کاری»[1] هم برای حفاظت آهن و وفولاد از خوردگی، پوسیدگی و زنگ‌زدگی به کار گرفته می‌شود.

زبان جدیدی برای علم شیمی

۱۷۸۷ هرچند که علم شیمی معقول و عقلانی، به یمن کارهای آنتوان لاووازیه و دیگران، داشت شکل می‌گرفت، زبان این علم کماکان آشفته و به هم ریخته بود. هنوز هم مردم از ترکیب‌ها با عناوینی عجیب و غریب و نامتعارف یاد می‌کردند که از روزگار کیمیاگری به یادگار مانده بودند: «گُل‌های روی»، «قند سرب»، «کره‌ی ارسنیک»، «ارواح نمک‌ها»، «روغن زاج». افزون بر این‌ها، بسیاری از شیمیدان ها در طول قرن‌ها اصطلاحات خاص خود را ابداع کرده بودند، که با اصطلاحات کسان و شیمیدانان دیگر در تناقض بودند.

آنتوان لاووازیه شیمیدان پیشگام روزگار خود بود است، اما این گیتون دو موروو، هم‌وطنش، بود که به ضرورت و فوریت اصلاحات و بهبودبخشی در این زمینه به وضوح تمام پی برد. لاووازیه، مانند دیگران، از جمله کلود برتوله به او کمک کردند و دستورزبان و واژه‌نامه‌ی شیمی در سال ۱۷۸۷ تحت عنوان *روش نام‌گذاری در شیمی*[2] انتشار یافت. در این نام‌گذاری نام و عنوان ترکیب‌ها عمدتاً مواد و عناصر سازنده‌ی آن را منعکس می‌کرد. پسوند نام‌ها مهم بود. هرگاه ترکیبی را هیدروژن سولفاید

1. galvanizing

2. *The Method of Chemical Nomenclature*

می‌نامیدند به این معنی بود که این ترکیب فقط حاوی گوگرد و هیدروژن است و نه چیز دیگری. هیدروژن سولفیت حاوی مقداری اکسیژن نیز هست، و هیدروژن سولفات اکسیژن حتی بیشتری هم دارد.

نام‌ها می‌توانستند همچون کلمات حاوی اعداد نیز باشند که بر این دلالت می‌کنند که در ترکیب یاد شده چند عنصر وجود دارد. کربن دیوکسید، نسبت به کربن مونوکسید، دو برابر اکسیژن (در مقایسه با مقدار کربن در آن) دارد. این نام‌گذاری بسیار منظم و منطقی بود. نام‌ها و عناوین فرعی دیگری هم به کار می‌رفتند. در مرکوریک اکسید (اکسید جیوه)، که قبل از آن «کالکس قرمز جیوه» نامیده می‌شد، نسبت جیوه به اکسیژن با نسبت جیوه به اکسیژن در مرکوروز اکسید فرق می‌کرد.

البته، برخی نام‌های رایج کماکان باقی ماندند. هیدروژن سولفات را معمولاً اسید سولفوریک (سولفوریک اسید) می‌گفتند (اما دیگر آن را «روغن زاج یا کات» نمی‌نامیدند). از آنجا که از دیرباز ثابت شده بود که آب ترکیبی از اکسیژن و هیدروژن است، آن را به درستی «هیدروژن اکسید»، یا حتی درست‌تر «اکسیژن دی هیدرید» نامیدند، اما کسی این نام‌ها را به کار نگرفت.

آنتوان لاووازیه: فهرست کردن عناصر

۱۷۸۹

در کتاب *رساله‌ی مقدماتی در باب شیمی* اثر آنتوان لاووازیه‌ی فرانسوی، که در سال ۱۷۸۹ انتشار یافت، فهم و درک جدید وی (و جهان) از شیمی، بر پایه‌ی ۳۰ سال آزمایش دقیق، جمع‌بندی شده است. این کتاب حاوی فهرست بسیار مهمی هم بود: ۳۱ قلم ماده‌ای که وی آن‌ها را، مطابق تعریف رابرت بویل «شیمیدان شکاک» در **۱۶۶۱** «عنصر» در نظر گرفت ــ مواد نمی‌توانستند به ماده‌ی ساده‌تری تجزیه شوند. از زمان بویل به بعد، شیمیدانان مقهور جذبه‌ی نظریه‌ی غلط فلوژیستون بودند؛ اکنون لاووازیه آنان را به مسیر پر باری برمی‌گردانید که یک قرن پیش آن را کاویده و کشف کرده بود.

فهرست لاووازیه به نحو شگفتی صحیح و دقیق است؛ فقط دو ماده در این فهرست به کلی نابه‌جا هستند. به نظر لاووازیه هم نور و هم گرما (که او آن‌ها را «کالریک» می‌نامید) مواد ابتدایی و پایه به‌شمار می‌آمدند؛ در خلال قرن نوزدهم هر دوی آن‌ها از شکل‌های انرژی از کار درآمدند (**۱۷۹۸**). در رأس فهرست سه گازی قرار داشت که بیش از بیست سال قبل از آن کشف شدند: اکسیژن، هیدروژن و «ازت»

(نیتروژن). لاووازیه کلر را در فهرست جای نداد. زیرا ایده‌های اشتباهش درباره‌ی اسیدها که حاوی اکسیژن بودند (**۱۷۷۵**) به کلر نیاز داشت، که در هیدروکلریک اسید یافت می‌شد، که ترکیبی به‌شمار می‌رفت. بعد از این‌ها برخی جامدات معمول قرار می‌گرفتند: گوگرد، فسفر و ذغال چوب (کربن). اکثر عناصر دیگر فلز بودند؛ هفت شکل شناخته شده در زمان‌های باستان و ده شکلی که آن موقع کشف شدند.

لاووازیه موادی را هم فهرست‌بندی کرد که به نظرش عنصر بودند اما در ظرف چند دهه‌ی بعد از لحاظ شیمیایی عناصر واقعی از میان آن‌ها بیرون کشیده و شناخته شد. عنصر کلسیم در «ماده‌ی آهکی» آن (یا گچ)، منیزیم در «منیزی»، باریم در «باریت‌ها»، آلومینیم در «رس» یا «خاک زاج»، و سیلیسیم در «سنگ آتش‌زنه یا سیلکس» (یا چیزی که امروز سیلیس می‌نامیم)، ترکیبی در سنگ‌ها، یافت شدند. به نظر لاووازیه این‌ها عنصر بودند، نه تنها به این علت که وی نمی‌توانست آن‌ها را با حرارت دادن یا کنش شیمیایی تجزیه کند، بلکه این علت نیز که او هیچ عنصری را نمی‌شناخت که کانی‌هایی از آن‌ها و با خواصی از آن‌ها تشکیل شوند. این دیدگاه منطقی وخردمندانه به نظر می‌رسید.

شگفت این‌که لاووازیه دو نوع «خاک» را از فهرست عناصرش از قلم انداخت: سودا (که ثابت شد منبع و سرچشمه‌ی سدیم است) و پتاس (همان پتاسیم). شاید او واقعاً فکر می‌کرد که این‌ها ترکیب‌اند؛ قطعاً این مواد بسیار شناخته شده بودند و کاربردهای عملی مفیدی داشتند، مانند کاربردشان در شیشه‌سازی و صابون‌سازی. وی سه ماده‌ی باقی مانده را تحت عنوان «رادیکال» فهرست کرد: رادیکال «موریاتیک» مربوط به اسیدی به همان نام، رادیکال «فلوریک» و رادیکال «بوراسیک». در اینجا نیز، این‌ها واقعاً عنصر نبودند، بلکه عناصر مربوطه، به ترتیب کلر، فلوئور و بور، در درون آن‌ها پنهان بودند.

انقلاب فرانسه در همان سالی آغاز شد که لاووازیه کتاب دوران‌ساز خود را منتشر کرد. پنج سال بعد وی فقط ۵۱ ساله و در اوج توانایی تحقیقات و اکتشاف‌های خود بود. وی در باطن اصلاحگری واقعی بود، می‌خواست وضع همه‌ی مردم را بهبود بخشد به همان گونه که علم شیمی را متحول و اصلاح کرده بود. اما به عنوان یکی از اعضای کمیسیون منفور وصول مالیات به دستگاه حکومتی قبل از انقلاب (رژیم پادشاهی فرانسه) در امر وصول مالیات به نفع شاه، خدمت کرده بود. انقلابیون به سزای این عمل وی را به تیغه‌ی گیوتین سپردند. آنان اعلام کردند: «رژیم انقلابی به خردمندان نیازی ندارد؛ نیاز این حکومت به اجرای عدالت است.» ژوزف لاگرانژِ

ریاضیدان (**۱۷۷۲**) این کلام را به نحو دیگری بیان کرده است: «فقط یک ثانیه طول کشید تا آن سر [سر لاووازیه] از تنش جدا شد. شاید یک قرن هم بگذرد اما سر دیگری چون او پدید نیاید.»

ویلیام هرشل: بزرگ‌تر بهتر است

۱۷۸۹ در سال ۱۷۳۸ که ویلیام هرشل در هانوفر کنونی در آلمان زاده شد، تلسکوپ‌ها به مدتی نزدیک به ۱۳۰ سال آسمان شب را پوییده بودند. این تلسکوپ‌ها نسبت به تلسکوپ‌های شکستی ابتدایی گالیله با توان ۳۰ در سال **۱۶۱۰** پیشرفت‌های زیادی کرده بودند. تلسکوپ‌های «شکستی»، با عدسی‌های بزرگ‌تر و بهتری که به روش‌های پیچیده‌تری آرایش یافته بودند، حالا دیگر نور بیشتری را گرد می‌آوردند، اشیای آسمانی کم‌سوتر و دوردست‌تری را آشکارسازی می‌کردند و از اشیای نزدیک‌تر، جزئیات بیشتری را مشاهده می‌کردند. فریزهای رنگی دردسرآفرینی که رصدگران و مشاهده‌گران اولیه را دلسرد و ناامید می‌کردند، به یمن عدسی‌های نافام جان دولند که در سال **۱۷۵۸** آن‌ها را ساخت، دیگر عذاب‌آور نبودند. تلسکوپ‌های شکستی نخستین گزینه‌ی اکثر ستاره‌شناسان بودند، زیرا نور کم‌تری را هدر می‌دادند.

اما اندازه‌ی تلسکوپ‌های شکستی دستخوش محدودیت بود. عدسی فقط از لبه‌هایش نگه داشته می‌شد؛ یک عدسی خیلی بزرگ تحت تأثیر وزن خودش از قاب و تکیه‌گاه جدا می‌شد و فرو می‌افتاد. «تلسکوپ‌های شکستی» که در آن‌ها آینه به کار می‌رفت و از پشت نگه داشته می‌شدند از مزیت آشکاری برخوردار بود. حد مشخصی برای ابعاد تلسکوپ وجود نداشت. و ابعاد و اندازه هم امر مهمی بود. اگر «دهانه‌ی» یک تلسکوپ را دو برابر کنید، می‌توانید فاصله‌ای دو برابر را ببینید و اندازه‌ی جزئیات هم نصف (کوچک‌تر) می‌شود.

هرشل این تمایل به دهانه‌های بزرگ‌تر را هدایت و راهبری کرد. وی در سال ۱۷۷۲ به انگلستان مهاجرت کرده بود، شاید به این علت که تبار پادشاه انگلستان از هانوفر برخاسته بود. روشن نیست که چرا وی پیشه‌ی اولیه‌ی خود را از موسیقی به نجوم و ستاره شناسی تغییر داده بود، اما تا سال ۱۷۷٦ وی تلسکوپ‌های مخصوص خود را ساخته بود.

وی کار خود را با تلسکوپی به طول ۲ متر آغاز کرد، که با آن در سال **۱۷۸۱** سیاره‌ی اورانوس را یافت. هرشل با حمایت مالی پادشاه ابعاد تلسکوپ را دو برابر

کرد، و سپس باز هم آن را به دو برابر رسانید. در سال ۱۷۸۹ کار ساختن تلسکوپ‌های خود را با تلسکوپی غول‌پیکر به طول ۱۲ متر به پایان رسانید، که آینه‌ای به قطر بیش از یک متر در آن کار گذاشته بودند. داربست و پایه‌گردانی برای نگهداری این تلسکوپ در اسلاو، واقع در غرب لندن، ساختند و آن را به سوی پهنه‌ی آسمان نشانه گرفتند. که ابعادش از یک خانه بزرگ‌تر بود. به مدتی طولانی‌تر از نیم قرن، هیچ تلسکوپی از لحاظ ابعاد با آن قابل قیاس نبود.

حقیقت قضیه این است که استفاده از این موجود غول‌آسا دشوار بود، و هرشل بسیاری از کشف‌هایش را، از قبیل قمرهای نویافته‌ی پیرامون زحل و اورانوس، با ابزار و آلات نجومی کوچک‌تر به انجام رسانید. با همه‌ی این احوال، وی نجوم رصدی آینده را نشانه گرفته بود.

دیر یا زود، تلسکوپ‌هایی که تلسکوپ‌های ساخته‌ی هرشل را تحت‌الشعاع قرار دادند، ساخته می‌شد. «« ۱۸۰۰

قصه‌ی پُر غُصه‌ی نیکولا لوبلان

۱۷۹۱ در اواخر قرن هجدهم، رشد تقاضا برای مواد شیمیایی گوناگون مهم برای صنایع از عرضه‌ی آن پیشی گرفت. از میان این مواد عمده‌تر از همه انواع «قلیا» بودند که در شیشه سازی، صابون‌سازی، تولید پارچه و کاغذ نقش حیاتی بازی می‌کردند. از این ماده دو نوع عمده یافت می‌شد: «پتاس»، که از طریق خیساندن تراشه‌های چوب در آب تولید می‌شد؛ و «نمک یا خاکستر قلیا» (سود شستشو)، که از طریق جوشاندن خزه‌های دریایی مانند کنانجک اسکاتلندی و «قلیاب» جزایر قناری به دست می‌آمد. عرضه غیر قابل اعتماد بود و کیفیت آن تغییر می‌کرد. یافتن منابع فراوان‌تر و مطمئن‌تری ضرورت فوری پیدا کرد.

فرانسویان، که با اکثر کشورهای اروپایی در حال جنگ بودند، نمی‌توانستند نمک قلیا وارد کنند. در سال ۱۷۸۳ لویی شانزدهم، پادشاه فرانسه، از طریق آکادمی علوم برای هر کسی که بتواند از طریق تجزیه‌ی نمک دریا و «ساده‌ترین و باصرفه‌ترین روش»، «قلیا» (یعنی، نمک قلیا) تولید کند، جایزه‌ای تعیین کرد.

نقطه‌ی شروع این کار از قبل مشخص و معلوم بود. یک قرن و نیم پیش از آن، یوهان گلاوبر، شیمیدان آلمانی، سولفوریک اسید را با سدیم کلراید (نمک دریا) حرارت داده بود تا هیدروکلریک اسید تولید کند. از این عمل بازمانده‌ای (نمک گلاوبر) باقی

ماند، که «کیک نمک» هم به آن گفته‌اند. خیلی‌ها فکر می‌کردند که نمک قلیا (سدیم کربنات) را می‌توان از کیک نمک استخراج کرد اما کسی نمی‌توانست با هزینه‌ای کم و به شیوه‌ای آسان به اندازه‌ی کافی آن را تولید کند که پاسخگوی تقاضا باشد.

$$۲NaCl + H_۲SO_۴ \longrightarrow Na_۲SO_۴ + ۲HCl$$

$۲NaCl$	$H_۲SO_۴$	$Na_۲SO_۴$	$۲HCl$
سدیم کلراید	سولفوریک اسید	سدیم سولفات	هیدروکلروریک اسید
(نمک معمولی یا دریا)	(روغن زاج)	(نمک گلاوبر)	(هوای اسیدی دریایی)

$$Na_۲SO_۴ + ۲C + CaCO_۳ \longrightarrow Na_۲CO_۳ + ۲CO_۲ + CaS$$

$Na_۲SO_۴$	$۲C$	$CaCO_۳$	$Na_۲CO_۳$	$۲CO_۲$	CaS
سدیم سولفات	کربن	کلسیم کربنات	سدیم کربنات	کربن دیوکسید	کلسیم سولفید
	(ذغال چوب)	(سنگ آهک)	(نمک قلیا)		

این دو معادله روشـــن می‌کنند که چگونه نیکولا لوبـــلان نمک معمولی را به نمک قلیا برای مصرف در صنایع تبدیل کرد، که هیدروکلریک اســید و کلســیم ســولفید در این رهگذر به عنوان پسماندی زحمت‌آفرین تولید می‌شد.

تا زمان نیکولا لوبلان، پزشکی در خدمت دوک اورلئان، هیچ کس به این «فرایند»ی که او در سال ۱۷۹۱ انجام داد، نرسیده بود. وی کیک نمک طعام را با ذغال چوب (کربن) و گچ (کلسیم کربنات) را سوزانید (حرارت داد). کربن دیوکسید به صورت گاز خارج شد، و توده‌ای از سدیم کربنات و کلسیم سولفید، پسماندی که می‌شد با شستشو از محصول جدا کرد، بر جای ماند. ظاهراً مسئله حل شده بود. حامی لوبلان کارخانه‌ی بزرگی در حومه‌ی پاریس احداث کرد و تولید شروع شد. به علت درگیر بودن فرانسه در جنگ، تقاضا هم زیاد بود.

متأسفانه، کار برای لوبلان تمام نشده بود. کارخانه پس از مدت کوتاهی از جانب انقلابیون مصادره شد، دوک را به تیغه‌ی گیوتین سپردند، و لوبلان را ناگزیر کردند رمز و راز فرایند خود را آشکار کند و دیگران به سرعت آن را به کار گرفتند. به وی بابت مصادره‌ی کارخانه هرگز تاوانی داده نشد، و تا زمانی که توانست تولید را بار دیگر از سر گیرد رقیبانش سودهای کلانی از این رهگذر کسب کرده بودند. فرهنگستان علوم منحل شده و به این ترتیب جایزه هم منتفی شده بود. جای تعجب نیست، که وی سرانجام به علت ورشکستگی و نومیدی با شلیک گلوله به زندگی خود پایان داد.

فرایندی هم که وی ابداع کرده بود، سرانجام به انتهای راه خود رسید. این فرایند زیانبار برای محیط زیست و تولیدکننده‌ی پسماندهای گوناگون خطرناک، در سال ۱۸٦۱ جای خود را به روش سولوه سپرد. دست‌کم فرزندانش اندکی از آن جایزه برخوردار شدند. در سال ۱۸۵۵ ناپلئون سوم مبلغی در عوض آن جایزه به آنان پرداخت کرد. تندیسی از لوبلان هم اکنون در پاریس برپاست.

اراسموس داروین: نیای نبوغ

۱۷۹۴ هرگاه نام داروین به میان می‌آید اکثر مردم فوراً به یاد چارلز داروین و اثرش، *منشأ گونه‌ها* (۱۸۵۸)، می‌افتند و اصلاً به اراسموس داروین و اثرش *زونومیا* فکر نمی‌کنند. اما، پدربزرگ چارلز داروین دانشمند بسیار مهمی در زمانه‌ی خودش به‌شمار می‌آمد؛ کتابش، که در سال ۱۷۹٤ منتشر شد، بسی دوران‌ساز و تأثیرگذار بود. در *زونومیا* به ایده‌هایی برمی‌خوریم که آرای هواداران بزرگ تکامل را که بعداً مطرح شد، به ویژه ایده‌های جین لامارک (۱۸۰۹) را پیشگویی می‌کنند.

اراسموس صریحاً بر این باور بود که گیاهان و جانوران طی دوره‌های دراز زمانی دستخوش تغییر شده‌اند، گونه‌ها تغییرناپذیر و ثابت نیستند، رابطه‌ی بین گیاهان و جانوران که در جدول‌های طبقه‌بندی درج شده‌اند تاریخچه‌ی حیات بر روی زمین را عملاً بیان می‌کنند. وی پی برد که موجودات زنده در محیط‌های مختلف برای ادامه‌ی حیات سازگار می‌شوند: منقار پرندگان سخت یا نرم، بلند یا کوتاه، باریک یا پهن‌اند، بسته به این‌که کجا زیست می‌کنند و چه غذاهایی برای خوردن پیدا می‌کنند.

اراسموس داروین، مانند لامارک، این سازگاری‌ها را به عنوان پیامدی از تکاپوی تمام نشدنی و بی‌پایان برای بقا تلقی می‌کرد. در رهگذر این تکاپو و مبارزه برای تداوم حیات، برخی موجودات از برخی جنبه‌ها و صفات مشخصه برخوردار می‌شوند تا به بقایشان کمک کنند و این بهبود و اصلاحات به زادگان و اولادشان منتقل می‌شود. نوه‌اش (چارلز) نسبت به این فرایند نگاه و نظر متفاوتی داشت، اما نتیجه، یعنی قابلیت بیشتر برای بقا، یکسان بود. با سپری شدن مدت زمان طولانیِ کافی، چنین فرایندی می‌توانست حیات بر کره‌ی زمین را در قالب تمامی تنوع‌اش از منشأ مشترک پدید آورد.

اراسموس داروین از استعداد و توانایی زیادی برخوردار بود. وی طبابت می‌کرد، شعر می‌سرود که شاعرانی چون کُریج و وردزورث او را ستوده‌اند، و بالابری را در

آبراهه‌ها برای سکوهای شناور، ماشینی مکانیکی و کالسکه‌ای که واژگون نمی‌شد، اختراع کرد. وی از بیم لطمه خوردن به وجهه و اعتبار طبابت‌اش حق امتیاز هیچکدام از این اختراعاتش را ثبت نکرد. علائق و دلبستگی‌های علمی‌اش نیز گسترده بود. وی نظر داد که ماه زمانی جزئی از زمین بوده و زمانی بسیار دیرینه از آن جدا شد، و مغاکی را بر جای نهاد که اکنون اقیانوس آرام است.

داروین با جوزف بنکس (**۱۷۷۸**) و کارولوس لینه (**۱۷۵۳**) مکاتبه و نامه‌نگاری می‌کرد و کتاب‌های لینه را به انگلیسی ترجمه کرد. وی از جمله‌ی بنیانگذاران انجمن تأثیرگذار قمری بیرمنگام در انگلستان بود (**۱۷٦۵**). وی در آنجا با جوسایا وجوود، استاد سفالگری، مراوده به هم زد؛ هم پسرش رابرت و هم نوه‌اش چارلز بعداً با خانواده‌ی وجوود وصلت کردند. داروین هم مانند بسیاری از همگنانش در انجمن قمری بیرمنگام از لحاظ سیاسی مشربی افراطی و رادیکال داشت، به دموکراسی، اصلاح نظام آموزشی و عشق آزاد اعتقاد داشت. چنین دیدگاه‌هایی در خلال جنگ‌های ناپلئونی وی را در معرض سوءظن و بدگمانی قرار داد و وجهه و اعتبار همگانی و مردمی‌اش هرگز بازیابی نشد.

ادوارد جنر: پیکار بر علیه بیماری آبله

بیماری آبله در قرن هجدهم هنوز هم بیماری هولناکی بود، می‌توانست **۱۷۹۶**
نابینایی به بار آورد، معلول کند، اندام‌ها را از شکل بیندازد یا حتی مبتلایان را هلاک کند. هیچکس علت آن را نمی‌شناخت و درمان‌هایش هم بر پایه‌ی «قاعده‌ی سرانگشتی و تجربی» استوار و عموماً هم نامؤثر بود. تلفات عمدتاً در میان جمعیت بومی آفریقا، آمریکا و اقیانوسیه بسی گسترده بود، که بیماری آبله را تا ورود مهاجمان اروپایی به سرزمین‌هایشان نمی‌شناختند.

از آغاز آن قرن، مایه‌کوبی در حکم راهی برای نوعی ایمنی بخشی در برابر بیماری و جلوگیری از سرایت آن در اروپا اعمال می‌شد. مبتلایان به آبله به ندرت برای بار دوم به این بیماری مبتلا می‌شدند، که به این معنا بود که یک بار آلودگی برای حمله‌ی دوم بیماری مقاومت در بدن ایجاد می‌کرد. در عمل مایه‌کوبی، عفونتی را از یک زخم یا تاول آبله در بدن بیمار مبتلا به آبله را داخل شکاف کوچکی در پوست کسی که باید مایه‌کوبی درباره‌ی او انجام می‌شد، می‌مالیدند. به این وسیله بیمار دوزِ مختصری از بیماری را دریافت می‌کرد، که امید می‌رفت بیمار به زودی از آن بهبودی یابد و

از آن پس هم در برابر این بیماری مصون بماند. نقطه‌ی ضعف و ایراد این کار آنجا بود که تا وقتی دوره‌ی بیماری طی نمی‌شد، بیماران ناقل بیماری واگیردار بودند و می‌توانستند دیگران را هم مبتلا کنند.

یک طبیب اهل انگلستان، ادوارد جنر، که در گلوسسترشایر طبابت می‌کرد، روش بهتری را پیشنهاد کرد. وی از این قول که زبانزد عامه‌ی مردم محلی بود و ابزاری داشت که زنان شیردوش پوست جذاب و سالمی دارند به این علت که در معرض عفونت کم‌دامنه‌ای به نام آبله‌ی گاوی ناشی از کار روزانه‌شان قرار گرفته‌اند و به همین علت هم از ابتلا به بیماری شدید و مهلک آبله مصون می‌مانند، برداشت‌هایی کرد. در سال ۱۷۹۶ با بهره‌گیری از همان روش مایه‌کوبی این ایده را امتحان کرد، اما با عفونتی که از یک تاول آبله‌ی گاوی برگرفته بود. بیماری که آزمون درباره‌ی او صورت می‌گرفت، جیمز فیپس هشت ساله، به سرعت بهبود یافت. شش هفته بعد جنر مایه‌کوبی متعارف آبله را در مورد او اجرا کرد و این پسر کاملاً نسبت به آن بی‌تأثیر ماند. آبله‌ی گاوی مصونیت در برابر آبله را تأمین کرده بود.

شادمانی و لذتی که از این بابت احساس کردم که پی بردم وسیله‌ای شده‌ام که یکی از بزرگ‌ترین و جانکاه‌ترین مصیبت‌ها را در این جهان ریشه‌کن کنم، چندان گسترده و پر دامنه بود که خویشتن را در نوعی دنیای رؤیایی می‌پنداشتم.

ادوارد جنر

جنر این روش جدید خودش را «واکسیناسیون» یا «مایه‌کوبی»، نامید که از واژه‌ی لاتینی vocca به معنای «گاو» برگرفته شده است. این آغاز عصر نوینی در طب همگانی به‌شمار آمد و دویست سال سپری شد تا ریشه‌کنی بیماری آبله در سطح جهان تحقق عملی پیدا کرد. در نتیجه‌ی کارهای لویی پاستور (**۱۸۸۶**)، و دیگرانی در قرن بعدی (نوزدهم)، راه‌هایی برای مصونیت بخشیدن به بدن انسان ها در برابر سایر بیماری‌های مرگبار یافته شد. کشف جنر به طرح پرسش‌هایی درباره‌ی این که واقعاً چنین مصونیتی چگونه حاصل می‌شود، انجامید. به راستی بدن چگونه همواره و روز به روز در برابر عفونت مقاومت می‌کند و با آن به مبارزه می‌پردازد؟ باید یکصد سال می‌گذشت تا پاسخ این پرسش‌ها داده می‌شد (**۱۸۸۲ مچنیکوف: ۱۸۹۱**).

پی‌یر لاپلاس: منظومه‌ی شمسی چگونه به‌وجود آمد

۱۷۹۶ دستاوردهای پی‌یر لاپلاس چندان فراگیر و ژرف بود که او را نیوتون فرانسه لقب داده‌اند. مانند اکثر ریاضیدانان، بهترین کارهایش در هنگام جوانی، بین سنین ۲۰ و ٤۰ سالگی، انجام شده و چهل سال آخر عمرش را به پدید آوردن یک رشته کتاب‌های پر بار و تأثیرگذار سپری کرد.

در کتابش تحت عنوان *منظومه‌ی جهان*، که در سال ۱۷۹٦ انتشار یافت، و حاوی یکی از خلاق‌ترین ایده‌های اوست، طرح و پیشنهادی درباره‌ی چگونگی تشکیل منظومه‌ی شمسی ارائه داده که خورشید را در مرکز قرار می‌دهد و سیارات، مانند اقمار و ستارگان دنباله‌دار، آن را دور می‌زنند. مطابق دیدگاه لاپلاس (و نظر امانوئل کانت فیلسوف تقریباً در همان زمان)، نقطه‌ی آغاز منظومه‌ی شمسی یک ابر گسترده («سحابی») از گاز و غبار بود. تمامی ذرات از طریق نیروی گرانش به یکدیگر نیروی کششی وارد می‌آوردند، و این ابر شروع کرد به جمع و منقبض شدن. حرکت‌های کاتوره‌ای (تصادفی) آن را به چرخیدن درآورد؛ هر چه منقبض‌تر می‌شد سرعت چرخیدنش هم بیشتر می‌شد، مانند اسکیت یا پاتیناژبازی که دست‌هایش را جمع می‌کند، هر چه سرعت چرخش ابر بیشتر می‌شد، تخت‌تر و در مرکزش متورم‌تر می‌شد.

در داخل این ابر، ذرات گاز و غبار به طور کاتوره‌ای کنار هم گرد آمدند تا توده‌های گاز و غبار را تشکیل دهند. این توده‌ها از طریق وارد آمدن نیروی گرانشی و برخورد و تماس با سایر توده‌ها رشد کردند تا سرانجام ابعاد سیارات یا حتی اجرام بزرگ‌تر را یافتند. در مرکز، بزرگ‌ترین انبوهه به خورشید بدل شد؛ انبوهه‌های کوچک‌تر در فواصل دور از مرکز سیارات، اقمار و دنباله‌دارها را تشکیل دادند که خورشید مرکزی را دور می‌زنند.

این تصویر قسمت اعظم جنبه‌های گوناگون منظومه‌ی شمسی ما را توضیح می‌دهد؛ مثلاً، این‌که چرا تمامی سیارات در صفحه‌ی واحدی در مدارهای خود خورشید را دور می‌زنند و جهت حرکت گردشی آنان نیز یکی است، و چرخش خورشید حول محور خودش هم در همان جهت است. در طی سالیان این «فرضیه‌ی سحابی» در زمینه‌های گوناگون دستخوش چالش شده‌اند، و بسیاری جزئیات آن محل مناقشه و مباحثه بوده است، اما امروزه همگان این توضیح را پذیرفته‌اند که چرا منظومه‌ی شمسی، از جمله کره‌ی زمین خودمان، چنین است که آن را می‌بینیم.

لاپلاس در کتابش این امکان ترس‌آور و هولناک را مطرح کرد که ممکن است

روزی ستاره‌ای دنباله‌دار با زمین برخورد کند. به گفته‌ی او، به نظر می‌رسد که این اتفاقی بعید باشد و در زمانی بسیار دور پیش می‌آید، اما روی دادن آن قطعی است. پیامدهای این برخورد ــ ویرانی و اتلاف حیات بر کره‌ی زمین ــ هولناک خواهد بود. چنین ایده‌هایی کماکان ابراز می‌شوند (**۱۹۸۰ آلوارز**).

الساندرو ولتا: نخستین باتری الکتریکی

۱۷۹۶ یک دهه پس از آن‌که لوئیجی گالوانی ایتالیایی نخستین جریان الکتریکی پیوسته را با تکه‌های مس و آهن و دست و پای قورباغه برقرار کرد (**۱۷۸۶**)، هم‌وطنش، الساندرو ولتا، به آنچه که واقعاً اتفاق افتاده است پی برد و از این رو انقلابی دوران‌ساز در فناوری را آغاز کرد و پایه نهاد. ولتا در سال ۱۸۰۰ طی نامه‌ای که توسط رئیس وقت انجمن سلطنتی، جوزف بنکس زیست‌شناس، در برابر اعضای این انجمن خوانده شد، کشف خود را به اطلاع جهانیان رسانید.

یکی از روایت‌های کشف ولتا از قرار زیر است. وی در ضمن تحقیق پیرامون «الکتریسیته‌ی جانوری» گالوانی و توانایی آن به ایجاد حساسیت‌های فیزیکی در بدن، یک سکه‌ی مسی و سکه‌ای آهنی را با یک سیم به هم وصل کرد و آن‌ها را در دهانش نهاد، یکی بر روی زبان و دیگری را در زیر زبانش. وی مورموری خفیف و طعمی شور در دهانش حس کرد، که آن را به رها شدن الکتریسیته‌ی جانوری نسبت داد. وی پس از کوتاه زمانی پی برد که برای این آزمایش به زبانش نیازی ندارد. بالشتکی پارچه‌ای یا دسته‌ای مقوا را در آب نمک یا اسیدی رقیق فرو کرد و بین آن دو سکه قرار داد و در اینجا نیز آثار الکتریسیته پدید آمد و مشاهده شد. با وصل کردن این سکه‌ها، به نوبت، به برق‌نما (الکتروسکوپ)، نشان داده شد که یکی از آن‌ها الکتریسیته‌ی مثبت، و دیگری الکتریسیته‌ی منفی رها می‌کند.

در اینجا نخستین «باتری یا سلول ولتایی» ساخته شد، که می‌تواند جریان پیوسته‌ی الکتریکی را تولید کند. اکنون روشن شده بود که پاهای قورباغه برای این آزمایش‌ها زاید و غیر ضروری‌اند و هیچگونه «الکتریسیته‌ی جانوری» دخیل نیست. اساس و گوهر این اثر، همانگونه که ولتای فیزیکدان هم مشاهده کرد و پی برد، عبارت بود از برقراری اتصال بین دو فلز با جنس‌های مختلف (مانند مس و آهن) که با آب نمک رقیق مرطوب شده باشند (ثابت شده بود که مایعات درون بدن در مورد دست و پای قورباغه از همین نوع مایع بوده است).

ولتا پس از کوتاه زمانی پی برد که با قرار دادن این یاخته‌ها کنار یکدیگر یا چیدن آن‌ها روی هم و متصل کردن تیغه‌ی مسی یکی از یاخته‌ها (سلول‌ها) به تیغه‌ی آهنی یاخته‌ی بعدی، می‌تواند این اثر را چند برابر کند. به این ترتیب «پیل ولتایی»، یا به زبان دیگر، «باتری» الکتریکی، ساخته شد، شبیه به قرار دادن چند قبضه توپ مشابه کنار هم و آنگاه شلیک کردن همزمان آن‌ها.

شاخ و برگ دادن به کشف ولتا (۱۸۰۰) کار دشواری است. شایستگی آن همان بس که نامش روی ولت، یکای فشار الکتریکی که جریان را در رسانا برقرار می‌کند (۱۸۲٦)، نهاده شده است.

هنری کاوندیش: وزن زمین چقدر است؟

۱۷۹۸ هنری کاوندیش، پژوهشگر انگلیسی، اشراف‌زاده، ثروتمند و آدمی صریح و عجیب و غریب بود. وی به اکتشاف‌های مهم و زیادی، از جمله گاز هیدروژن (۱۷٦٦) و قانون نیروی بین بارهای الکتریکی، که معمولاً به شارل کولن نسبت داده می‌شود (۱۷۸۵)، نایل آمد. واپسین دستاوردش عظیم‌ترین دستاورش نیز به‌شمار می‌آید. وی وزن زمین را تعیین کرد.

وی برای انجام این کار به آیزاک نیوتون (۱٦۸۷) تکیه کرد، که نشان داده بود نیروی گرانش بین دو جسم به جرم آن‌ها و نیز فاصله‌ی بینشان وابسته است. کاوندیش به بهره‌گیری از ترازوی پیچشی بسیار حساس که دوستش جان میچل اختراع کرده بود (۱۷۸۳) توانست نیروی ربایش (جاذبه) بین گوی‌های بزرگ و کوچک سربی را اندازه بگیرد. این نیرو بسیار ضعیف بود و بنابراین اندازه‌گیری‌ها چنان حساس بودند که کاوندیش این ابزار (ترازو) را در محفظه‌ای هوابندی شده قرار داد و درجه‌ی نشانگر ترازو را با استفاده از تلسکوپ از دوردست قرائت کرد. سپس آن نیرو را با وزن گوی کوچک مقایسه کرد، که نیرویی را نشان داد که بین گوی کوچک و کل زمین برقرار است. از اینجا به محاسبه‌ی وزن زمین هدایت شد. پاسخ شش میلیون میلیون تن درآمد، که به رقمی که امروز پذیرفته شده، نزدیک است.

کاوندیش نخستین کسی نبود که در این زمینه اقدام کرد، هرچند که نخستین کسی بود که این روش را به کار گرفت. بیست سال پیش از آن، نویل مَسکیلین، منجم سلطنتی و مؤلف نخستین *سالنما (تقویم نجومی) دریایی* (۱۷٦۵)، از وزنه‌ای بسته به سر یک ریسمان استفاده کرده بود تا این کار را انجام دهد. می‌توانید حدس بزنید

که این وزنه مستقیماً متوجه پایین (عمود بر سطح زمین در محل) است، اما وجود جرم بسیار بزرگی در نزدیکی آن، مانند یک کوه، آن را اندکی به یک سمت منحرف یا متمایل می‌کند (به سوی خود می‌کشد)، که از امتداد قائم منحرف می‌شود. نکته‌ی جالب این که مسکیلین توانست آن تغییر مسیر (انحراف) جزئی را اندازه‌گیری کند و به این ترتیب کشش گرانشی آن کوه را اندازه بگیرد. برآورد جرم زمین گام بعدی بود که باید برداشته می‌شد؛ پاسخ وی در حدود همان رقمی بود که کاوندیش به دست آورده بود.

بنیامین تامسون (کنت رامفورد): درگیر شدن با «کالریک»

۱۷۹۸ بنیامین تامسون، ماجراجوی آمریکایی‌تبار، زندگانی و حیاتی چندوجهی داشت: این جنبه‌های گوناگون زندگی وی شامل تدریس و آموزش، خدمات نظامی برای بریتانیا در جنگل استقلال (و احتمالاً مقادیری هم جاسوسی)، و تصدی مقام‌های بلندمرتبه در دولت و حکومت باواریا بود، که در همین جای اخیر به مقام کنتی نایل آمد. وی مرد عمل بود، با یک رشته اختراعات به نام خودش، که عمدتاً با بخاری، دودکش و کاربردهای گرما سروکار پیدا می‌کرد، مانند دیگ دو جداره و آبچکان قهوه: وی استفاده از ماشین بخار اصلاح شده‌ی جیمز وات را ارتقاء بخشید. در این میان، زندگی‌اش فراز و فرودهایی را طی می‌کرد، و مدت کوتاهی هم در زادگاهش گذرانید. دو بار ازدواج کرد، یک بار با یک بیوه‌ی آمریکایی ثروتمند و بعداً با ماری لاووازیه، بیوه‌ی شیمیدان بزرگ و آن‌ها پس از چهار سال زندگی مشترک از هم جدا شدند.

تامسون تنها چهره‌ی مهم علمی بود که در فاصله‌ی حیات علمی بنیامین فرانکلین (**۱۷۵۱**) و جوزف هنری (**۱۸۳۱**) از آمریکای شمالی ظهور کرد، اما آوازه و اعتبارش در علوم ناشی از یک تأمل و ملاحظه‌ی عمده است. وی به عنوان وزیر جنگ حکومت باواریا مسئول ساخت توپ بود. برای هر لوله‌ی توپ، یک استوانه‌ی توپر از جنس برنج ریخته‌گری می‌شد و وسط آن را با مته‌ای که با قوه‌ی اسب حرکت می‌کرد (می‌چرخید) سوراخ می‌کردند. تامسون پس از کوتاه زمانی پی برد که این توپ‌ها در خلال فرایند سوراخ‌سازی داغ می‌شوند، بخصوص اگر سر مته کُند باشد، و فکر کرد که باید درباره‌ی ماهیت گرما در این رهگذر که بسیاری از مردم آن را مشاهده کرده و به این ماهیت پی نبرده بودند، نکته‌ی مهم و درخور توجهی استنباط کرد.

بارها پیش می‌آید که در امور عادی و مشغولیات زندگی، فرصت‌هایی خودشان را عرضه می‌کنند که وادار می‌شویم به شگفت‌انگیزترین کارکردهای طبیعت بیندیشیم.

بنیامین تامسون (کنت رامفورد)

به‌طوری که وی در برابر اعضای انجمن سلطنتی نقل کرد، قالب استوانه‌ای خاصی را اختیار کرد و آن را در داخل یک بشکه‌ی آب قرار داد. مته‌ی کندی که اسب آن را می‌چرخانید به کار گرفته شد و آب پیرامونی به زودی گرم شد. بعد از سپری شدن دو ساعت و نیم آب در آستانه‌ی جوشیدن قرار گرفت. واضح است که مقدار فراوانی گرما ــ به محاسبه‌ی رامفورد، برابر با نه شمع پارافینی که همزمان روشن باشند ــ بدون این‌که آتشی روشن باشد تولید شده بود. به نظر می‌رسید مادام که کار سوراخ کردن ادامه داشت، آب کماکان در حال جوشیدن باشد. منبع گرما ظاهراً تمامی‌ناپذیر بود.

بنا بر نظریه‌ی پذیرفته شده‌ی آن روز، گرما ماده و لایه‌ای نامرئی بود، سیال احتمالاً بی‌وزنی به نام «کالریک». این مفهوم را نخستین شوهر همسرش (لاووازیه) مطرح و معرفی کرده بود؛ تامسون ظاهراً اظهار داشت که باید «کالریک را از صحنه بیرون کند» آن‌چنان که لاووازیه با نظریه‌ی فلوژیستون کرده بود (**۱۷۷۵**). دو موضوع واضح به نظر می‌رسید: منبع تخلیه‌ناشدنی گرما این موضوع را بسیار نامحتمل کرده بود که گرما «ماده» است، زیرا در این صورت قطعاً تا آن موقع از بین رفته و تمام شده بود؛ و نیاز به چرخاندن سر مته برای تولید گرما رابطه‌ی تنگاتنگی بین گرما و حرکت برقرار می‌بود.

کالریک به یکباره از تخت به زیر کشیده نشد. نفوذ لاووازیه ده‌ها سال بسیاری از مردم را کماکان متکی به ایده‌های قدیمی‌تر باقی نهاد. کسی که به ایده‌ی جدید روی آورد انگلیسی جوانی به نام همفری دیوی (**۱۸۰۱**) بود، که پی برد می‌توان دو قطعه یخ را با مالیدنشان به یکدیگر ذوب کرد. این نیز نمونه و مثال دیگری بود از ایجاد گرما از طریق حرکت. شاید وقتی دیوی را به استادی مؤسسه‌ی سلطنتی برگمارد که همان موقع در لندن تأسیس کرده بود، و به این ترتیب پیشه‌ای بسیار عالی برای دیوی راه انداخت، به این ترتیب به او می‌گفت «از حمایتت سپاسگزارم».

مؤسسه‌ی سلطنتی دیگر میراث ماندگار تامسون به‌شمار می‌آید. وی در خلال چندین مورد اقامتش در آنجا دوستان قدرتمندی برای خود دست و پا کرد، که از

آن جمله می‌توان جوزف بنکس، طبیعت‌شناس بزرگ و رئیس بعدی انجمن سلطنتی (۱۷۷۸) را برشمرد. آنان ائتلافی از اشراف و هواداران مالی برای این مؤسسه تشکیل دادند. هرچند که تامسون خودش در سال‌های آخر عمر به این مؤسسه کمک مالی می‌کرد.

این مؤسسه، در برنامه‌هایش بر آن بود که پژوهش و میدان دادن به آگاهی همگانی درباره‌ی تأثیر علم بر زندگی روزمره را ادغام کند. توماس یانگ، ابداع‌کننده‌ی «آزمایش دو شکاف» (۱۸۰۱)، برای مدتی کوتاه استاد فلسفه‌ی طبیعی آنجا بود. دانشمندان سرشناس و نخبه‌ی دیگری هم طی دویست سال بعدی با این مؤسسه همکاری کرده‌اند که از آن میان می‌شود از مایکل فاراده (۱۸۱۳)، لرد رایلیِ برنده‌ی جایزه‌ی نوبل (۱۸۹٤)، جیمز دِوار (۱۹۱۱)، و برَگِ پدر و پسر، که آنان نیز برنده‌ی جایزه‌ی نوبل بودند (۱۹۱۵)، یاد کرد. پس از مدتی، کار در این مؤسسه نظری‌تر از آن شد که به ذائقه‌ی تامسون خوش بیاید، و از این رو دلبستگی و علائقش نسبت به آن رو به زوال نهاد.

واپسین پیروزی اسمیتِ «چینه‌ها»

۱۷۹۹ ویلیام اسمیت پسر یک چلنگر اهل آکسفوردشایر بود که وقتی پسرش هنوز نوجوانی بیش نبود، درگذشت. اسمیت پس از مختصر آموزش رسمی شاگرد یک نقشه‌بردار شد و بسیار خبره و کارآمد از کار درآمد. به فراخور این کار تمام خاک انگلستان را پیمود و امکان و فرصت‌های زیادی به دستش افتاد تا بیرون‌زدگی (رخنمون) سنگ‌ها و صخره‌ها را مشاهده کند، چیزی که از همان جوانی توجه او را جلب کرد. وی به درون چاه‌های معدن می‌رفت که در آنجا می‌توانست به آسانی لایه‌های پیاپی انواع مختلف سنگ‌ها را مشاهده و ثبت کند.

حتی مدارک قابل ملاحظه و چشمگیرتری از دامنه‌های تپه‌ها به دست آورد که بر اثر حفر کانال‌ها، مانند کانال ذغال سنگ سامِرست که وی خودش شش سال در آن کار کرده بود، بیرون زده بودند. در تمامی سرزمین انگلستان، و در سایر کشورها، کان‌کَنی و کانال‌سازی به او در مطالعه‌ی سنگ‌ها کمک می‌کرد، که این بررسی‌ها تازه داشت «زمین‌شناسی» نام می‌گرفت.

آن لایه‌های سنگ که در نظم خاصی رخ می‌نمود به خوبی شناخته شده بودند. نیکولاس استینو (۱٦٦۷) و جووانی آردوئینو (۱۷۵۹) (و حتی لئوناردو دا وینچی،

پیش از آن‌ها) *اصل برهم‌نهی* را پایه‌ریزی کرده بودند: بنا بر این اصل در هر رشته از چینه‌های سنگی، قدیم‌ترین سنگ‌ها در زیر و جوان‌ترین آن‌ها در بالاترین طبقه قرار می‌گیرند. اسمیت مطلب بسیار مهمی به این اصل اضافه کرد. وی پی برد که لایه‌های سنگی مختلف حاوی مجموعه‌های مشخص و متمایز سنگواره‌ها هستند، قطعه‌های سنگی که غالباً مانند صدف‌داران یا استخوان به نظر می‌رسیدند. می‌شد با بهره‌گیری از آن گروه‌بندی‌ها برای شناسایی و پیوند برقرار کردن بین لایه‌های سنگی بهره گرفت که کیلومترها دورتر به صورت سطوح پرتگاه جلوه‌گر می‌شدند. یک رخنمون لایه‌ی سنگی در سامرست می‌توانست همسان با رخنمونی در یورکشایر از آب درآید.

در سال ۱۷۹۹، اسمیت تهیه و ترسیم نخستین نقشه‌ی زمین‌شناختی خود را آغاز کرد. وی چینه‌های گوناگون سنگ را در حوزه‌ی باث، که در آن زمان در آنجا می‌زیست، رنگ‌آمیزی کرد. کوتاه مدتی از آن پس، همین کار را درباره‌ی نقشه‌ی کوچک انگلستان انجام داد، که نخستین گام به سوی ترسیم نقشه‌ی زمین‌شناختی او به‌شمار می‌رفت که در سال ۱۸۱۵ انتشار یافت. این نخستین نقشه‌ی بزرگ مقیاس و با بیشترین جزئیات بود که تا آن زمان تهیه شده بود و در آن برای شناسایی چینه‌ها از سنگواره‌ها بهره گرفته شده بود.

آن نقشه در آن زمان کار عظیمی به‌شمار می‌آمد و برای او لقب اسمیت «چینه‌ها» را به بار آورد. فراهم آوردن هزینه‌ی چاپ و انتشار این نقشه نخست برای او بسی دشوار و مشقت‌بار بود (جوزف بنکس یکی از حامیانش به‌شمار می‌آمد) و سپس هم ورشکستگی و هم تحقیر شدن از جانب زمین‌شناسان حرفه‌ای که وی را فاقد آموزش در این رشته دانستند، فشار گرانی بر وی وارد آورد. اما در نهایت وی به کار خود توفیق یافت و در سال ۱۸۳۱ به دریافت بالاترین افتخار انجمن زمین‌شناسی لندن، یعنی نخستین نشان وُلاستون، نایل آمد. حالا دیگر مکان و مرتبه‌اش در عمارت تاریخ علم تضمین شده بود.

ویلیام هرشل: گرما همان نور است

۱۸۰۰

ویلیام هرشل، زاده‌ی آلمان ولی از ۲۹ سالگی ساکن انگلستان، تأثیر ژرفی بر ستاره‌شناسی بر جای نهاد، که از جمله کشف سیاره‌ی اورانوس (**۱۷۸۱**) و ساختن نخستین تلسکوپ‌های بزرگ (**۱۷۸۹**) را می‌توان برشمرد. وی خورشید را از طریق پالایه (فیلتر)های گوناگون رنگین برای کاهش مقدار نور مطالعه و بررسی کرد

و پی برد که رنگ‌های مختلف مقادیر متفاوت گرما را از خود عبور می‌دهند. یکی از حدس‌هایش در این زمینه از این قرار بود که رنگ‌ها خودشان مقادیر مختلفی گرمای مربوطه را داشتند.

وی برای آزمودن این امر یک آزمایش ساده را، که به آسانی تجدید می‌شد، راه انداخت. منشور نور خورشید را به رنگ‌های گوناگونش از سرخ تا بنفش تجزیه می‌کرد. وی دماسنجی را با حباب سیاه‌رنگی در انتهایش، به نوبت، در هر ناحیه‌ی رنگی قرار داد و دمای آن را با درجه‌ی یک جفت دماسنج که در آن سوی انتهای طیف قرار داده بود، مقایسه کرد.

نتیجه شگفت‌آور بود. هر ناحیه‌ی رنگ از ناحیه‌ی شاهد داغ‌تر بود و مقدار گرمای ثبت شده در امتداد طیف از بنفش به سوی سرخ بیشتر می‌شد.

به نظر می‌رسید که خورشید حاوی شکلی از «نور» است که نمی‌شد آن را دید. هرشل این نوع نور را «پرتوهای کالریفیک یا پرتوهای گرمازا» نام نهاد که این اصطلاح را از کلمه‌ای لاتین به معنای «گرما» برگرفته بود. آزمایش‌های بعدی نشان دادند که این پرتوهای گرمازا می‌توانند از آینه بازتابیده شوند، منشور آن‌ها را بشکنند و پس از عبور از عدسی، مانند نور معمولی، کانونی شوند. پرتوهای او، که بعداً تابش فروسرخ (۱۸۰۲) یا گرمای تابشی نامیده شدند، در واقع شبیه نور نامرئی بودند، و خویشاوند بسیاری از شکل‌های دیگر تابش، مانند نور فرابنفش (۱۸۰۲)، امواج رادیویی (۱۸۸۸)، پرتوهای ایکس (۱۸۹۵) و پرتوهای گاما (۱۸۹۹) به‌شمار می‌آمدند که جملگی بعداً کشف شدند.

آغاز «قرن الکتریکی»

۱۸۰۰ «پیل‌ها یا «باتری‌های» الساندرو ولتا، ساخته و پرداخته شده در **۱۷۹۶** و در سال ۱۸۰۰ رونمایی شده، شور و هیجانی برپا کردند. فیزیکدانان در همه جا به جستجوی آثاری جدید، و کاربردهای ممکن، ناشی از جاری شدن جریان الکتریکی برآمدند که این باتری‌ها فراهم آورده بودند. کشف‌ها و یافته‌ها به سرعت اتفاق افتادند، بخصوص آن‌که پیل‌های بزرگ و بزرگ‌تری یافته می‌شد، و قوه یا پتانسیل الکتریکی یا «ولتاژ» بیشتری عرضه می‌کردند.

ویلیام نیکولسون و آنتونی کارلیزل انگلیسی وقتی سیم‌هایی را از دو سر یک پیل به داخل آب نمک یا آب اسیدی فرو بردند، تقریباً همزمان اثر چشمگیر و درخور

توجهی را یافتند. نخستین مشاهدات تصادفی و اتفاقی بوده است، اما تکرار آزمایش‌ها حباب‌های ریز گاز را نشان دادند که پیرامون هر سیم (در داخل مایع) جمع می‌شدند. بعداً ثابت شد که این حباب‌ها گاز اکسیژن و هیدروژن‌اند. جریان الکتریکی آب را به گازهای تشکیل‌دهنده‌اش تجزیه می‌کرد؛ این اثر را بعداً «الکترولیز» نام نهادند. همفری دیوی انگلیسی، که در مؤسسه‌ی سلطنتی لندن به تحقیق اشتغال داشت، از این طریق عناصر جدیدی را کشف کرد (۱۸۰۷).

دیوی به یکی از پیشگامان بزرگ علم جدید الکتریسیته بدل شد. وی با ساختن یک پیل عظیم با ۲۰۰۰ جفت تیغه‌ی فلزی، پول زیادی به دست آورد. وقتی دو سر این پیل را به یک جفت میله‌ی کربن (ذغال)، که فاصله‌ی اندکی از هم داشتند، وصل کرد و گرما ذرات ملتهب ذغال را آزاد و رها کرد. این وسیله که در سال ۱۸۰۸ اختراع شد «قوس الکتریکی» نام داشت، که نخستین مورد از تولید نور به وسیله‌ی الکتریسیته (**۱۷۰۲**) نبود، بلکه قطعاً نخستین کاربرد مفید آن به‌شمار می‌آمد.

تأثیر کشف ولتا در سال **۱۷۹۶** بر همه‌ی جنبه‌های حیات و زندگی آدمی بسی ژرف و ماندگار از کار درآمد، که از آن جمله می‌توان فناوری‌های توانمند جدید و نیز ابزار جدید برای بررسی و مطالعه‌ی ماده را برشمرد. الکتریسیته پس از کوتاه زمانی میدان‌های مغناطیسی (**۱۸۲۰**)، و از این رو آهنرباهای الکتریکی مولد برق، و کمی بعد از آن، تلگراف الکتریکی و سپس تلفن را به وجود آورد.

تا سال **۱۸۳۱** نخستین موتورهای الکتریکی جریان برق را به نیروی مکانیکی، به عنوان جانشین ماشین بخار، تبدیل کرده بود. موتور الکتریکی، در کنار اختراع چراغ (لامپ) برق (**۱۸۸۲**) منادی برقی کردن و برق‌رسانی بزرگ‌مقیاس و کلان جوامع پیشرفته بود. تلاش برای عبور جریان برق از گازها (**۱۸۵٤**) به دستیابی به پرتوهای ایکس، چراغ‌های نئون و سرانجام به وسایل الکترونیکی و تلویزیون انجامید. تا پایان «قرن الکتریکی (یا قرن الکتریسیته)»، به واحد بنیادی بار الکتریکی (**۱۸۹۷**) نگاهی اجمالی می‌اندازیم.

۱۸۵۰ – ۱۸۰۰

چشم‌انداز جهان در این دوره

در سال ۱۸۱۵، پانزده سال جنگ و منازعه بین فرانسه و سایر قدرت‌های اروپایی (بریتانیا، پروس، اتریش، روسیه) در میدان نبرد واترلو پایان پذیرفت. کنگره‌ی وین در پی این نبرد نظام سیاسی محافظه‌کاری را مستقر کرد که به مدت چهار دهه مانع از بروز جنگ در اروپا شد. اما اروپا روزگار بی‌دغدغه و توأم با آرامشی را سپری نمی‌کرد. در سال ۱۸۳۰، و بخصوص در سال ۱۸٤۸، شورش و طغیان‌هایی در بیشتر پایتخت‌های اروپایی در گرفت که خواهان اصلاحات سیاسی اجتماعی، از جمله برقراری حکومت مشروطه و مبتنی بر قانون اساسی، بودند. چند رهبر حکومتی هم سرنگون شدند.

بریتانیا، که در این هنگام «کارگاه آموزشی جهان» به‌شمار می‌آمد، در تغییرات سیاسی و اجتماعی پیشگام اروپا بود، که از آن جمله می‌توان اصلاحات پارلمانی، گسترش حق رأی (۱۸۳۲)، الغای برده‌داری (۱۸۳٤) و رونق تجارت آزاد (۱۸٤٦) را برشمرد. چنین پیشرفتی باعث بهتر شدن شرایط نابرابری و بی‌عدالتی‌ها، از جمله شرایط زندگی عذاب‌آور در شهرهایی شد که بر اثر رشد صنعت دستخوش توسعه‌ی کالبدی و متورم شده بودند.

نقشه‌ی اروپا، اندک اندک و به تدریج، دگرگون و مجدداً ترسیم می‌شد. در سال ۱۸۳٤ ایالت‌های ژرمن به هدایت و رهبری پروسی‌ها اتحادیه‌ی گمرکی تشکیل دادند، که حکایت از اتحادی سیاسی می‌کرد که در راه بود.

یونان از امپراتوری عثمانی در حال افول استقلال کسب کرد (۱۸۲۹)، لهستان به یکی از ایالت‌های روسیه بدل شد (۱۸۳۲)، و بلژیک و لوگزامبورگ از هلند جدا شدند (۱۸۳۹).

کشورهای اروپایی امپراتوری‌های ماوراء بحار (آن سوی دریاها) را برای خود

دست و پا کردند، که بریتانیا و فرانسه به طور چشمگیری در آفریقا، آسیا و اقیانوس آرام دست به گردآوری مستعمره یازیدند. و ناتوانی سلطه‌ی اسپانیا بر قاره‌ی آمریکا آغاز شد. در سال ۱۸۰٤ «خریداری لوئیزیانا»[1]ی قلمرو فرانسه گستره‌ی حاکمیت ایالات متحده را از شمال و غرب گسترش داد. منازعه‌ها و جنگ‌ها با مکزیک، که از سلطه‌ی اسپانیا رها شده بود، بعداً تکزاس و کالیفرنیا را به خاک ایالات متحده اضافه کرد (کالیفرنیا در ۱۸٤۸ به سرعت به یکی از مراکز عمده‌ی طلا بدل شد). در ایرلند یک بیماری قارچی مهلک در محصول سیب‌زمینی در سال‌های ۱۸٤۵-۱۸٤٦ به قحطی فراگیری انجامید و مهاجرت گسترده‌ای را، بخصوص به «دنیای جدید»، باعث شد.

هنر و اندیشه

با سرنگونی حکومت پادشاهی فرانسه، سبک هنر و تزئین رکوکو که مطلوب رژیم‌های قدیمی بودند جای خود را به سبک‌های «کلاسیک» دادند که از شکل‌های یونانی و رومی ــ آن‌طور که از حفاری‌های جدید معبد پمپیی آشکار شد ــ و از طریق چیزی واقعی‌تر الگوبرداری شده بود، که سلب مسئولیت از حکومت‌ها را بروز می‌داد. در انگلستان، ترنر عمدتاً چشم‌اندازها را نقاشی می‌کرد اما گوش به زنگ انقلاب صنعتی، بخصوص ظهور خطوط راه‌آهن، بود.

موسیقی از عصر «کلاسیک» به دوران «رومانتیک» ره سپرد، گذاری که مظهر آن بتهوون و شوبرت آلمانی بودند. آهنگسازان پیشگام در نیمه‌ی این قرن عبارت بودند از برلیوز فرانسوی، شوپن در لهستان، گلینکا در روسیه، و مندلسون، شرمان وفون وِبر در آلمان. روسینی، دونی‌زتی، بلینی و وردی ایتالیایی، در کنار مایربر آلمانی‌تبار، اپِرا تصنیف کردند. «تک‌نوازان» زبردستی چون پاگانی‌نی ویلون‌نواز، و وایت پیانونواز سرشناس و پر آوازه شدند. اجراها بیشتر از آن‌که برای حامیان سلطنتی و اشراف و دربارشان باشد، برای مردم (پرداخت‌کنندگان و حامیان) صورت می‌گرفت.

برادران گریم آلمانی به گردآوری فرهنگ عامیانه و قصه‌های پریان دست زدند و هانس کریستیان اندرسون دانمارکی نیز در همین راه گام برداشت. رمان *فرانکشتاین* مری شِلی که در سال ۱۸۱۷ انتشار یافت به آزمایش‌های «الکتریسیته‌ی حیوانی»

---

۱. Luisiana purchase، سرزمینی که ایالات متحده‌ی آمریکا در سال ۱۸۰٤ به مبلغ ۱۵ میلیون دلار از فرانسه خریداری کرد؛ این سرزمین از می‌سی‌سی‌پی تا کوه‌های راکی و از خلیج مکزیک تا کانادا گسترده شده است. م

گالوانی انگیزه بخشید. کازانوا «عاشق‌پیشه‌ی بزرگ» خاطراتش را منتشر کرد؛ نخستین ویراست *فرهنگ لغات وبستر* از چاپ درآمد. فردریش انگلس، فیلسوف آلمانی کتابش را با عنوان *شرایط طبقه‌ی کارگر در انگلستان* را در سال ۱۸٤۵ عرضه کرد و همراه با هم‌وطنش کارل مارکس *بیانیه‌ی کمونیسم* را انتشار داد.

در قالب‌های ادبی عمده بازیگران فراوانی به صحنه آمدند: در میان شاعران، وردزورث، کیت، شلی و بایرون انگلیسی؛ لانگ فلّو و ادگار آلن‌پوی آمریکایی؛ گوته و هاینه‌ی آلمانی، و پوشکین روسی. در میان داستان‌نویسان آوستین، دیکنز و خواهران برونته در انگلستان؛ اسکات در اسکاتلند؛ ژرژ ساند و استاندال در فرانسه؛ و هوتورن و کوپر در آمریکا، را می‌توان یاد کرد. با پیشرفت فناوری چاپ، نشریه‌های هفتگی (مجله) و روزانه (روزنامه) ارزان‌تر و دسترس‌پذیرتر شدند.

اتم‌ها، یاخته‌ها و استخوان‌ها

مسیرهای گوناگون جستار علمی، که پیش‌تر از هم جدا بودند، شروع به درهم‌آمیزی و ادغام در یکدیگر کردند. دانشمندان یاد گرفتند که عناصر شیمیایی را از روی نوری که گسیل می‌کردند شناسایی کنند. الکتریسیته در یافتن عناصر شیمیایی جدید نقش بازی می‌کرد؛ و این نظر هر چه فراگیرتر می‌شد که تمامی واکنش‌های شیمیایی به نحوی بنیادی شیمیایی‌اند. فهم و درک بهتر و پر دامنه‌تری از خواص نور به ما کمک کرد تا راز و رمز تخمیر را دریابند؛ که در خلال این عمل موجودات زنده واکنش‌های شیمیایی انجام می‌دادند. مرز تمایز بین موجودات جاندار و بی‌جان مبهم و نامشخص می‌شد، که به ایجاد علمی انجامید که بعداً زیست‌شیمی (بیوشیمی) نامیده شد.

واژگان جدیدی به دقت وضع شدند و به «دانشمندان» (که خودش در کنار زیست‌شناسی و زمین‌شناسی واژه‌ای نو بود) امکان دهند فهرست دامن‌افزای پدیده‌های جدید را تشریح کنند. نظریه‌ها و مفاهیم بنیادی و عمده‌ی جدید به اذهان راه می‌یافتند و با مشاهدات یگانه می‌شدند یا وحدت و یگانگی نهفته‌ی بنیادی در درون طبیعت را بروز می‌دادند. «نظریه‌ی اتمی» پیشرفت‌های علمی شیمی را پی‌بندی کرد، «نظریه‌ی

یاخته‌ای» ساختار مشترک تمامی موجودات جاندار را نشان داد، ونگره‌ی «اصل یکنواختی» معلوم کرد که گذشته را می‌توان به کمک حال حاضر توضیح داد.

بین الکتریسیته و مغناطیس و آنگاه بین این دو با نور رابطه و پیوند برقرار شد. صورت‌های گوناگون انرژی با «آهنگ ثابت مبادله» جابه‌جاکردنی از کار درآمد، هرچند که مقدار کل انرژی تغییر نمی‌کرد. به گواه و دلایلی دست یافتیم که اثبات می‌کردند زمین قطعاً می‌گردد، و فاصله‌ی ستارگان از زمین را، علت وجود حلقه‌های زحل، این که دمایی پایین‌تر از «صفر مطلق» وجود ندارد، این‌که نور فرابنفش وجود دارد، این‌که «قطران ذغال سنگ» صرفاً پسماند نیست، و این را که منظومه‌ی شمسی هشت سیاره‌ی اصلی و بسیار سیارات کوچک دارد، یافتیم.

پیشینه‌ی پیچیده‌ی سیاره‌ی ما هرچه روشن‌تر شد. استخوان‌های «سنگواره‌ها» و سایر موجودات بر گذشته‌ای بس متفاوت با زمان کنونی ناظر بودند و از آن حکایت‌ها نقل می‌کردند. این واقعیت را که برخی اشکال و صورت‌های حیات منقرض شده‌اند پذیرفتیم (و تلاش کردیم توضیح دهیم که چرا این اتفاق افتاده است)، و پیرامون تغییرات عمده‌ی اقلیمی و آب و هوایی ــ «دوران‌های یخبندان» ــ در اعصار پیشین، مدارک و شواهد رو به افزایش به دست آمده است.

در مورد چهره‌های پیشگام، برگشتن به دوران مایکل فاراده‌ی انگلستان، این آزمایشگر بی‌بدیل، دشوار است هر چند که هم لویی پاستور و هم چارلز داروین کار خود را در این نیم قرن آغاز کردند. مؤسسه‌ی سلطنتی، که سالیان درازی فاراده آن را مدیریت و هدایت می‌کرد، مکانی از نوع جدیدی بود؛ در آنجا به افرادی حقوق و دستمزد پرداخت می‌شد تا صرفاً به تحقیقات و پژوهش بپردازند و درباره‌ی نتایج این پژوهش‌ها برای همگان سخن بگویند.

جان دالتون: پسر محبوب منچسر

۱۸۰۱ نام جان دالتون انگلیسی در علم، پر آوازه است. دالتون، پسر کواکر[۱] مسلک کلیسا نساج کامبرلندی، قسمت اعظم عمرش را در مقام آموزگار در منچستر سپری کرد؛ تحقیق و پژوهش تمام وقت فراغت او را پر می‌کرد. علائق تمامی عمرش کاویدن وضع هوا بود و گفته می‌شود در دفترچه‌ی روزانه‌اش حدود ۲۰۰,۰۰۰ نتیجه‌ی مشاهده ثبت شده است. گزارش‌هایش که به مدتی بیش از یک قرن به دقت حفظ شده

---

۱. Quaker، عضو فرقه‌ای مسیحی به نام «انجمن دوستان».

بود متأسفانه در جریان بمباران‌های جنگ جهانی دوم از بین رفت. معلولیت کوررنگی در تمامی طول عمر همراهش بود، که برای نخستین بار در بیست و شش سالگی‌اش تشخیص داده شد که در آن هنگام چند جفت جوراب قرمزرنگ برای مادرش برد که فکر می‌کرد رنگ آن‌ها آبی است.

در نتیجه‌ی مشغله‌ی ذهنی‌اش با هوا و وضع هوا به مطالعه‌ی گازهایی چون هوا و بخار آب علاقمند شد. در سال ۱۸۰۱ نخستین کار مهمش را در حوزه‌ی علم انجام داد، که عبارت است از *قانون فشارهای جزئی*[1]: وقتی دو گاز با هم بیامیزند، فشار این مخلوط گازها برابر است با مجموع فشار هر یک از آن گازها. وی به این موضوع هم پی برد که فشار بخار روی یک مایع در ظرفی بسته با گرم‌تر شدن آن مایع، بیشتر می‌شود. کسانی دیگر بعداً نشان دادند که وقتی فشار بخار روی مایع با فشار هوای پیرامونی برابر شود، آن مایع به جوش می‌آید.

در نتیجه‌ی توجهش به هوا، «نظریه‌ی اتمی»اش که در سال ۱۸۰۸ منتشر شد و عمده‌ی آوازه‌اش ناشی از آن است، به طور طبیعی پیشرفت کرد و توسعه یافت. وی این نظریه را توضیحی مجمل و طبیعی برای شیوه‌ی ترکیب شدن شیمیایی مواد تلقی کرد. شهرتی که این نظریه به دست آورد به عضویت وی در انجمن سلطنتی و آکادمی فرانسه، و دریافت مقرری دولتی انجامید، اما وی کماکان به کار تدریس ادامه داد.

دالتون هرگز ازدواج نکرد، و به ندرت از منچستر دور می‌شد. وی در سال ۱۸٤٤ بر اثر سکته‌ی مغزی درگذشت. چهارصد هزار نفر تابوت او را تا آرامگاه ابدیش بدرقه کردند، که طول صف مشایعت‌کنندگان به دو کیلومتر می‌رسید. بنا بر درخواست خود وی، پیکرش برای تعیین علت کوررنگی‌اش، که گاهی هم دالتونیسم به آن گفته‌اند، کالبدشکافی شد. در چشمانش هیچگونه نقصی از این بابت یافته نشد، اما ۱۵۰ سال بعد یکی از کره‌های چشمانش که در مؤسسه‌ی سلطنتی نگهداری شده بود تحت آزمایش‌های DNA قرار گرفت و معلوم شد که وی از فقدان موروثی حساسیت به نور سبز در رنج بوده است. ◄◄ ۱۸۰۸

حیات کوتاه اما پر بار همفری دیوی

۱۸۰۱

همفری دیوی پسر یک منبت‌کار فقیر اهل کورنویل انگلستان بود که در شانزده سالگی پسرش درگذشت. با همه‌ی این احوال، دیوی با استعداد و

1. Law of partial pressures

پشتکاری که داشت در علوم اوایل قرن نوزدهم به چهره‌ای پیشگام بدل شد که در همه‌ی زمینه‌ها و حوزه‌ها فعال بود. دیوی، برای راه بردن خانواده‌اش به دستیاری جراح و شاگردی داروسازی مشغول شد؛ با خواندن کتاب درسی آنتوان لاووازیه (۱۷۸۹) به علم شیمی جذب و علاقمند شد.

دیوی نخست پیش از بیست سالگی نام و آوازه‌ای به هم زد که آزمایشی نزد خودش بر روی نیتروژن مونوکسید انجام داد (کاری خطرناک که در تمام عمر هرگز آن را فراموش نکرد). بر اثر تنفس این گاز از خود بی‌خود و سرمست شد ــ نام دیگر این گاز «گاز خنده‌آور» است ــ و هیچ دردی را حس نکرد. دیوی استدلال کرد که این گاز را می‌توان در جراحی‌های کوچک و دندانپزشکی به عنوان داروی بی‌هوشی و بی‌حسی به کار گرفت. این نظر و پیشنهاد تا به مدت چهل سال به گوش گرفته و عملی نشد، که تا آن زمان «مست و شنگول» شدن با گاز خنده در مهمانی‌های مجلل و باب روز به وسیله و فعالیتی اساسی بدل شده بود.

ورود خود دیوی به اجتماعات باب روز و مجلل با گمارده شدنش در مقام مدرس دستیار در مؤسسه‌ی نوبنیاد سلطنتی در لندن (۱۷۹۸)، در سال ۱۸۰۱ اتفاق افتاد. دیوی در آنجا هم در علوم تحقیق می‌کرد و هم علوم را به دیگران انتقال می‌داد، به سرعت به رتبه‌ی استادی شیمی و سپس ریاست آن مؤسسه ارتقاء یافت. وی سنت ارائه نویافته‌ها در برابر زنان و مردان ملبس به لباس شب را پایه نهاد که بیش از یکصد سال دوام آورد؛ چنین رویدادهایی به زودی به جزئی از امور روزمره‌ی اجتماعی تبدیل شد.

دیوی به کشف‌های مهمی نائل آمد که از آن جمله می‌توان الکتروشیمی (۱۸۰۷) و تصحیح نظر آنتوان لاووازیه را (۱۷۷۵)، که همه‌ی اسیدها حاوی اکسیژن‌اند، برشمرد. وی بسیار هم خلاق بود؛ چراغ ایمنی معدن که در سال ۱۸۱۵ طراحی کرد، از جمله‌ی عوامل عمده‌ای به‌شمار می‌آید که اکثر مردم نام او را شنیده‌اند. اما او واقعاً آزمایشگری سخت‌کوش و دقیق نبود، بلکه مایکل فاراده (۱۸۱۳) که زمانی دستیارش بود بر او پیشی گرفت و جانشین‌اش شد. گویا او فاراده‌ی تابناک را، که مثل خودش از مرتبه‌ای بس پایین برخاسته بود، «بزرگ‌ترین کشف» خودش می‌پنداشت، هر چند که دو بار با انتخاب فاراده به عضویت انجمن سلطنتی مخالفت کرد.

دیوی خودش به افتخارات بسیاری نایل آمد. فقط ۲۵ سال داشت که به عضویت انجمن سلطنتی درآمد و بعدها به مدت سه سال ریاست آنجا را بر عهده داشت. وی در سال ۱۸۱۲ به دریافت لقب سِر مفتخر شد، و سه سال پیش از آن با بیوه‌ی ثروتمندی ازدواج کرده بود. ظاهراً از آوازه و اشتهارش بهره‌ور می‌شد و زندگی

خوشی را طی می‌کرد. دیوی در هنگام مرگ فقط ٤۲ سال داشت، که بی‌گمان مرگ ناشی از عوارض انباشته‌ی آزمایش‌هایی بود که خودش در سال‌های بسیار دور و نوجوانی انجام داده بود. ۱۸۰۷

رونق و ارتقای علوم فیزیکی خیلی بیشتر از آن‌که معمولاً تصور می‌کنند به ثروت و رفاه شما بستگی دارد. برخی از مهم‌ترین و خاص‌ترین مزیت‌هایتان را مدیون فلسفه‌ی تجربی هستید. این‌که به آدم بزرگی تبدیل می‌شوید بر اثر این نیست که به پیروزی‌ها و کشورگشایی‌های خارجی نایل می‌شوید، بلکه حاصل غلبه و چیرگی بر طبیعت در سرزمین خودتان است.

همفری دیوی

جوزپه پیاتسا: سیاره‌ی صغیر (سِرِس) شکاف را پر می‌کند

۱۸۰۱

در سال ۱۸۰۱ به تعداد سیارات منظومه‌ی شمسی یکی اضافه شد. حالا چگونه؟ ویلیام هرشل فقط بیست سال پیش از آن (۱۷۸۱) سیاره‌ای جدید، اورانوس، را یافته بود. اما این سیاره‌ی جدید خاص بود. این سیاره نخستین شیء از میان بسیار (در واقع، هزاران) جرم آسمانی بود که در همان قلمرو خورشید یافته شد. این سیاره در مقایسه با نُه سیاره‌ی دیگر بسی کوچک از کار درآمد. وجودش هم پیش‌بینی شده بود؛ هرشل دقیقاً به طور اتفاقی به وجود سیاره‌ی اورانوس پی برده بود.

قانون تیتوس- بوده نخستین‌بار در ۱۷٦٦ به وسیله‌ی یوهان تیتوس آلمانی اهل ویتنبرگ تدوین شد، اما یوهان بوده با سخت‌کوشی و جدیت خود آن را عمومیت بخشید؛ وی مدیر رصدخانه‌ی برلین بود، و قانون یاد شده را معمولاً فقط قانون بوده می‌گویند. این قانون، مطابق جدول زیر، بر پایه‌ی یک رشته اعداد استوار است. این اعداد در نزد تیتوس و بوده فاصله‌ی سیارات مختلف (و دست‌کم سیاراتی که در آن زمان شناخته شده بودند) تا خورشید را بر حسب یکاهای نجومی (AU) (یعنی، فاصله‌ی زمین تا خورشید) منعکس می‌کردند. این اعداد را به نحو چشمگیری مرتب کردند، و وقتی اورانوس در فاصله‌ی ۱۹/۲ یکای نجومی از خورشید یافته شد (رقم پیش‌بینی شده ۱۹/٦ بود) بر دامنه‌ی وجهه و آوازه‌ی تیتوس- بوده بار دیگر افزوده شد.

فاصله‌ی سیارات از خورشید		
سیاره	فاصله‌ی واقعی (به یکای نجومی)	بنا بر قانون تیتوس- بوده
عطارد (تیر)	۰/۳۹	۰/۴
زهره (ناهید)	۰/۷۲	۰/۷
زمین	۱/۰۰	۱/۰
مریخ (بهرام)	۱/۵۲	۱/۶
		۲/۸
مشتری (برجیس)	۵/۲۰	۵/۲
زحل (کیوان)	۹/۵۴	۱۰/۰
اورانوس	۱۹/۱۹	۱۹/۶
نپتون	۳۰/۰	۳۸/۸
پلوتون	۳۹/۵	۷۷/۲

قانون تیتوس- بوده با این رشته اعداد آغاز می‌شود: ۰، ۳، ۶، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۹۶، ۱۹۲، ۳۸۴، ۷۶۸. بعد از عدد دوم، هر عدد دو برابر عدد قبلی است.

اگر ۴ را به هر عدد اضافه و نتیجه را بر ۱۰ تقسیم کنید، اعداد جدول بالا را به دست می‌آورید. این‌ها با فاصله واقعی بین سیارات در منظومه‌ی شمسی، بر حسب یکای نجومی (یعنی فاصله‌ی زمین تا خورشید)، نزدیک و قابل مقایسه‌اند.

بین مریخ و مشتری آشکارا چیزی، شاید سیاره‌ای که هنوز کشف نشده بود، مفقود و ناپیدا به نظر می‌رسید. ستاره‌شناسان به جستجوی آن پرداختند؛ جوزپه پیاتسای ایتالیایی نقطه‌ی درخشانی را در سال ۱۸۰۱ یافت که آن را سیاره‌ی صغیر (سِرِس) نامید. وی در واقع سیاره‌ی جدیدی را جستجو نمی‌کرد، اما سیاره‌ی صغیر دقیقاً در همین شکاف و در فاصله‌ی ۲/۸ یکای نجومی تا خورشید قرار داشت. نقاط نورانی دیگری در همان نزدیکی‌ها در سال ۱۸۰۲ یافته شدند که اولین آن‌ها پالاس بود. در ظرف چند دهه چندان سیاره‌ی صغیر یافته شد که ستاره‌شناسان را به این فکر انداخت که این‌ها بازمانده‌های سیاره‌ای عظیم‌اند که شاید زمانی در مداری بین مدار مشتری و مریخ خورشید را دور می‌زده و سپس متلاشی شده است. این «سیارات» قطعاً کوچک بودند. هیچ‌کدام از آن‌ها از طریق بهترین تلسکوپ‌های آن روز هم بیش از یک نقطه نبودند، و هرشل فکر می‌کرد قطر هر یک از آن‌ها بیشتر از چند کیلومتری نباشد. وی

آن‌ها را «سیارک» نامید زیرا شکل ستارگان به نظر می‌رسیدند و امروزه هم به همان نام خوانده می‌شوند.

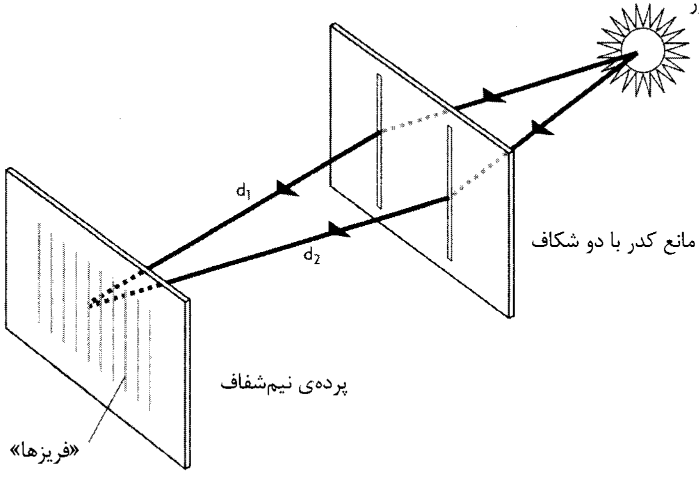
قانون تیتوس‌ـ بوده داشت با مصادیق انطباق می‌یافت، اما دلیلی برای پاسخ به این پرسش یافته نمی‌شد که علی‌الاصول چرا باید این قانون درست باشد. حتی سیارک‌ها واقعاً با این «قانون» منطبق نیستند، زیرا گستره‌ی فاصله‌ی آن‌ها بین ۲/۱ تا ۳/۵ یکای نجومی در تغییر است، هر چند که میانگین آن‌ها تقریباً درست است. این «قانون» در مورد نپتون و پلوتون بدجوری ناکام از کار درآمد و حالا هم عموماً فقط یک توافق و همخوانی چشمگیر و قابل ملاحظه دانسته می‌شود.

توماس یانگ: نور موجی است

۱۸۰۱ آزمایش «دو شکاف» که توماس یانگ، پژوهشگر انگلیسی، انجام آن را در سال ۱۸۰۱ گزارش داد، یکی از مشهورترین آزمایش‌هایی است که تا آن موقع انجام شده بود، و حالا هم بیش از دویست سال بعد، کماکان تکان‌دهنده و تأثیرگذار است. این آزمایش به تمامی هم اصیل و بدیع نبود؛ یسوعی ایتالیایی، فرانسیسکو گاریمالدی، کاری شبیه آن را در سال **۱٦٦٥** انجام داده بود. در نزد او، مانند یانگ، این یافته‌ها به علت توانمندی بدل شد که به کمک آن نور را می‌شد به بهترین وجهی در حکم صورتی از حرکت موجی توضیح داد، شبیه به موجکی بر سطح دریاچه، و نه زنجیره و ریسمانی از ذرات، بنا بر نظریه‌ی رایج دیگری در آن زمان که از حمایت آیزاک نیوتون هم بهره‌مند بوده است.

همه می‌توانند این آزمایش را انجام دهند. منبع نوری درخشان را در جایی قرار دهید و پرده‌ای را چنان برپا کنید که نور منبع یاد شده بر آن فرود آید. بین این دو مانعی کدر را قرار دهید که فقط دو شکاف باریک (که می‌توانند فقط دو سوراخ یا روزنه‌ی کوچک باشند) بر آن تعبیه شده باشند و نور از آن‌ها عبور کند. یکی از شکاف‌ها را بپوشانید؛ بر پرده فقط یک باریکه‌ی درخشان باریک ظاهر خواهد شد که عبور نور از شکاف دیگر (شکاف پوشیده نشده) آن را پدید آورده است. هرگاه هر دو شکاف باز و گشوده باشند چیز بسیار متفاوتی ظاهر خواهد شد. نقشی از رگه‌ها یا باریکه‌های روشن و تاریک (چیزی به نام «فریز») در پهنه‌ی پرده ظاهر خواهد شد. یانگ و فیزیکدانانی دیگر استدلال کردند که نظریه‌ی ذره‌ای نور نمی‌تواند این رویداد را توضیح دهد، اما مدل نور به مثابه امواج (نظریه‌ی موجی نور) به آسانی از پس این مهم برمی‌آید.

توضیح و توصیف این رویداد از این قرار است: نوری که به نقطه‌ای بر پرده وارد می‌شود نسبت به هر یک از شکاف‌ها فواصلی اندک متفاوت را پیموده است. این دو موج نوری با هم برخورد («تداخل») می‌کنند، و نتیجه به این بستگی خواهد داشت که قله‌ی یکی با قله‌ی دیگری منطبق شود (یعنی، «هم‌فاز» بر پرده برسند) یا این‌که قله‌ی یکی با پایین‌ترین نقطه‌ی دیگری، یا چیزی بینابین، انطباق یابد. امواج نوری که به طور هم‌فاز به پرده می‌رسند یکدیگر را تقویت می‌کنند، و می‌توان نقطه یا خط پر نوری را بر پرده مشاهده کرد. قله (ستیغ) و پایین‌ترین نقطه‌ی موج (پاستیغ) یکدیگر را خنثی خواهند کرد؛ و نتیجه به صورت نواری تاریک بر پرده خواهد افتاد. نواحی «بینابین» سایه‌های خاکستری گوناگونی را تشکیل خواهند داد.



پرتوهای نور که از دو شکاف تعبیه شده بر پرده عبور می‌کنند، در هنگامی که به پرده‌ی مشاهده می‌رسند با یکدیگر تداخل می‌کنند، و نقشی از «فریزهای» روشن و تاریک پدید می‌آورند.

اگر اختلاف دو مسیر $1d$ و $2d$ به اندازه‌ی نصف طول موج (یا یک و نیم طول موج، دو و نیم طول موج و الی آخر) باشد، این دو پرتو نور یکدیگر را خنثی می‌کنند (ستیغ یا قله‌ی یک موج با پاستیغ دیگری منطبق می‌شود) و نوار یا فریز تاریک بر پرده ظاهر می‌شود. اگر این اختلاف دو مسیر ضریب صحیحی (عددی درست) از طول موج‌ها باشد، این دو موج یکدیگر را تقویت می‌کنند و فریزی روشن تشکیل می‌دهند.

یانگ به کمک این آزمایش ماهیت موجی نور را اثبات و طول موج آن را اندازه‌گیری کرد.

به این ترتیب «دو شکاف» در واقع تکیه‌گاه و حامی توانمند نظریه‌ی نور به مثابه موج (نظریه‌ی موجی نور) به‌شمار می‌آید. دو موج وقتی هم‌فاز خواهند بود که اختلاف فاصله‌ای («طول مسیر»ی) که پیموده‌اند دقیقاً یک یا چند برابر طول موج (یعنی، فاصله‌ی یک قله یا ستیغ تا قله یا ستیغ دیگر) باشد. به این ترتیب فاصله‌ی فریزها و سایر ابعاد ابزار و وسایل این امکان را برای ما فراهم می‌آورد که طول موج نور را محاسبه کنیم. حاصل این محاسبه کمیت بسیار کوچکی، کم‌تر از یک میلیونیم یک متر، از کار درآمد.

یانگ، مانند گاریمالدی پیش از خودش، رنگ‌های رنگین‌کمان را در این فریزها مشاهده کرد. توضیح یانگ برای این پدیده ساده بود؛ رنگ‌های مختلف نور طول موج‌های متفاوتی دارند، که طول موج امواج نور بنفش تقریباً نصف طول موج امواج نور سرخ است. بنابراین نورهای گوناگون در مکان‌های اندکی متفاوت فرود می‌آیند، که رنگ ها را مانند منشور به صورت یک طیف پخش می‌کنند (**۱٦٧٢**).

یوهان ریتر: نوری فراتر از بنفش

۱۸۰۲ یوهان ریتر در دانشگاه ینا در لهستان سخت مشغول ایجاد فناوری باتری‌هایی برای ذخیره کردن الکتریسیته بود که خبرهایی از ویلیام هرشل، ستاره‌شناس انگلیسی، دریافت کرد مبنی بر این‌که شکل و صورت جدیدی از نور را یافته است (**۱۸۰۰**). با توجه به این‌که «پرتوهای کالریک» هرشل نامرئی بودند و در انتهای سرخ طیف آفتاب قرار داشتند (**۱٦٧٢**)، ریتر به این فکر افتاد که آیا تابش ناشناخته‌ی دیگری در پس تاریکی آن سومی انتهای بنفش طیف نیز پنهان است یا خیر.

هرشل برای یافتن پرتوهایش از یک دماسنج بهره گرفت زیرا این پرتوها با گرما همراه بودند. ریتر از ماده‌ی شیمیایی کلرید نقره بهره گرفت که وقتی نور به آن می‌تابید رنگش سیاه می‌شد (فناوری عکاسی هم بر پایه‌ی این خاصیت رشد کرد). آن‌گونه که هرشل انجام داده بود، وی نیز طیفی از سرخ تا بنفش با بهره‌گیری از یک منشور تشکیل داد، و سپس اندکی کلرید نقره زیر هر رنگ قرار داد. تمام نقاط تاریک و تیره شدند، اما نقاط نزدیک انتهای بنفش طیف سریع‌تر تیره شدند و نسبت به نقاط نزدیک انتهای سرخ طیف به طور کامل به تیرگی گراییدند.

وی سپس مقداری کلرید نقره در ناحیه‌ی تاریک فراتر از بنفش مرئی قرار داد. البته این ناحیه هم تیره شد و سرعت این تیره شدن از هر رنگ مرئی بیشتر شد. به این ترتیب شکلی از نور در خارج از آن ناحیه وجود داشت که چشم آدمی نمی‌توانست

آن را آشکارسازی کند اما با همه‌ی این احوال این نور می‌توانست کارهایی انجام دهد.

ریتر این نور جدیدش را «پرتوهای شیمیایی» نامید، زیرا به شیوه‌های شیمیایی یافته شده بودند. ما حالا آن‌ها را «فرابنفش» می‌گوییم، و به «پرتوهای کالریک» هرشل «فروسرخ» گفته می‌شود. منشأ این نام‌ها بر کار توماس یانگ در سال **۱۸۰۱** با آزمایش «دو شکاف» مبتنی بوده است. یانگ پی برد که طول موج نور بنفش کوتاه‌تر است و بنابراین بسامد آن از بسامد نور سرخ بیشتر است. به این معنی که پرتوهای ریتر بسامدی باز هم بالاتر داشتند و بنابراین «در آن سوی بنفش» یا «فراتر از بنفش» بودند. بنا بر همین برهان، پرتوهای هرشل «زیر یا فروتر از سرخ» بودند.

بیش از ۲۰۰ سال بعد پی بردیم که «نور» فرابنفش (UV) چگونه تأثیرگذار است. نور فرابنفش در نور خورشید تولید ویتامین دی (**۱۹۰۶**) را در پوست تسهیل می‌کند اما سبب آفتاب‌سوختگی و سرطان پوست هم می‌شود، و می‌تواند به جهش‌های ژنتیکی در موجودات زنده منجر شود، همان کاری که از پرتوهای ایکس برمی‌آید (**۱۹۲۶**). انرژی آن می‌تواند ترکیب‌های شیمیایی را تجزیه کند، رنگ‌ها را ببرد و مواد را ضعیف و نرم کند. و هراسی که در سال **۱۹۷۳** پیش آمد و بر دنیا سایه انداخت از همین تهدیدی بود که هرگاه این پرتو بیشتر بر ما بتابد، در معرض خطر قرار خواهیم گرفت.

ژوزف پروست: مباحثه‌های پر دامنه بر سر «تناسبات»

۱۸۰۱ در اواخر قرن هجدهم، شیمیدان فرانسوی، ژوزف پروست، در اسپانیا زندگی می‌کرد، بسی دور از تندروی‌ها و خطرهای انقلاب فرانسه. بین سال‌های ۱۷۹۶ و ۱۸۰۴ فلزاتی مانند آهن، مس، سرب، قلع و جیوه را به دقت حرارت داد به طوری که با اکسیژن ترکیب می‌شدند، سپس محاسبه کرد که چقدر اکسیژن را این فلزات جذب کرده و به خود گرفته‌اند. وی پی برد که نسبت مقادیر اکسیژن و فلز در اکسید همواره یکسان است، یا شاید یکی از فقط دو یا سه عدد ثابت باشد. به این ترتیب یک ترکیب اکسیژن و آهن باید حاوی ۲۷ درصد اکسیژن یا ۴۸ درصد اکسیژن باشد، اما نه مقداری بین این دو عدد. فقط دو نوع اکسید مس یافت می‌شود: ۱۸ درصد اکسیژن یا ۲۷ درصد اکسیژن تنها گزینه‌ها به شمار می‌آمدند.

در آن زمان این یافته‌ها را قوانین پروست نامیدند. اکنون به آن‌ها قوانین نسبت‌ها (یا تناسب‌ها)ی ثابت و چند نسبت‌ها می‌گویند، و ساده و بدیهی به نظر می‌رسند. با

همه‌ی این احوال پروست ناگزیر بود برای پذیرش ایده‌هایش از جانب همکارانی که هنوز با ایده‌های نو در شیمی همساز نبودند، به مبارزه بپردازد. کلود برتوله، هم‌وطن پروست، یکی از پژوهشگران سرشناس و بلندآوازه و همکار لاووازیه‌ی کبیر (**۱۷۸۷**)، در میان کسانی بود که نسبت به ایده‌ها و یافته‌های پروست تردید داشتند. به نظر او مقدار هر عنصر در یک ترکیب بستگی به این خواهد داشت که عنصر یاد شده چگونه ساخته شده، و ادعا کرد که شواهدی مبنی بر چنین تغییراتی در دست دارد.

مباحثه و مناقشه بین پروست و برتوله شدید و سخت بود، اما حمایت از پروست به تدریج بالا گرفت. بسیاری پژوهشگران دیگر کارهای او را تکرار کردند. جرمیا ریشتر آلمانی از قبل نشان داده بود که اسیدها و قلیاها (بازها) همواره با نسبت‌های ثابتی با یکدیگر واکنش برقرار می‌کنند، که به این معنا بود که نمک‌های حاصل هم دارای نسبت ثابتی بودند. کانی‌های گردآوری شده از طبیعت حاوی همان ترکیب‌هایی بود که در آزمایشگاه تشکیل و ساخته می‌شد. برخی ترکیب‌ها را می‌شد به راه‌های گوناگونی تولید کرد، اما ترکیب نهایی باز هم، بر خلاف انتظارات برتوله، باز هم یکی بود.

تا سال ۱۸۰۵ این مناقشه تقریباً خاتمه یافته بود؛ پروست بازی را برده و شیمی گام بلندی به پیش برداشته بود. دو نتیجه و پیامد دیگر حاصل شد. مفهوم «ترکیب»، که به زمان رابرت بویل در **۱۶۶۱** برمی‌گشت، دقیق‌تر شد؛ ترکیب یا نسبت اجزای سازنده‌ی ثابت راه دیگری برای تمیزگذاری ترکیب‌ها از مخلوط‌ها به‌شمار آمد. و «نظریه‌ی اتمی» جان دالتون که به زودی اعلام شد (**۱۸۰۸**) شواهدی تعیین‌کننده و حیاتی را از این قانون در حمایت از خود کسب کرد.

قوانین ترکیب شیمیایی

جان دالتون از این قوانین در حکم شواهدی توانمند برای نظریه‌ی اتمی خودش (۱۸۰۸) بهره گرفت.

قانون نسبت‌های معین یا نسبت اجزای سازنده‌ی ثابت: هر ترکیب معین همواره دارای عناصر یکسان در نسبت وزنی یکسان است.

قانون چند نسبت: وقتی دو عنصر ترکیب می‌شوند و بیشتر از یک ترکیب را می‌سازند، وزن‌های مختلف یک عنصر که با وزن ثابتی از عنصر دیگر ترکیب می‌شوند همواره به نسبت ساده‌ای در ترکیب وارد می‌شوند.

لوک هاوارد و فرانسیس بوفور: بادها و ابرها[1]

۱۸۰۶ ناظران آب و هوا از دیرباز اکثر ابزار و سامانه‌هایی را در اختیار داشتند که برای تشریح وضع هوا برایشان ضروری بود: انواع باران‌سنج، فشارسنج‌های فشار هوا یا بارومتر (**۱٦٤۳**)، دماسنج‌ها برای اندازه‌گیری دما (**۱۷٤۲**)، نم‌سنج (رطوبت‌سنج) برای اندازه‌گیری رطوبت (**۱۷۷۹**). آنان چیزهایی را هم نداشتند؛ یکی عبارت بود از روش تعیین و برآورد قدرت و شدت باد، زیرا بادسنج هنوز هم ابداع و اختراع نشده بود. این نیاز را فرانسیس بوفور، دریاسالار انگلیسی، برآورد کرد. «مقیاس بوفور» ۱۲ درجه‌ای او، که در سال ۱۸۰٦ ابداع شد، آثار سرعت‌های گوناگون باد را بر وضعیت دریا و «جنگجویانی» که بر آن دریانوردی می‌کردند، تشریح می‌کرد؛ این مقیاس بعداً گسترش یافته و بر دامنه‌اش افزوده شد تا جایی که تأثیر سرعت انواع باد بر خشکی را هم در بر می‌گرفت.

مثلاً، باد از نوع ۲ نیروی بوفوری نسیم سبک (با مقیاس امروزی حدود ده کیلومتر بر ساعت) بود که صورت آن را حس می‌کرد و برگ درختان را به لرزه درمی‌آورد. باد از نوع ٦ نیروی بوفوری را نسیم تند (با سرعت حدود ٤۰ کیلومتر بر ساعت) گفته‌اند که درختان کوچک را تکان می‌دهد و باعث پاشیده شدن مقداری از آب دریا در هوا می‌شود. امروزه این مقیاس فقط دارای هشت فقره یا تقسیم‌بندی است اما کماکان صورت‌های گوناگون باد از آرامه تا توفند (هاریکن) را در بر می‌گیرد.

چند سال پیش از آن، یک داروساز و دوستدار علم لندنی به نام لوک هاوارد، کارهای مشابهی را انجام داده و اصطلاح‌نامه‌ای فراهم آورده بود که انواع گوناگون ابرها در آن تشریح شده بود. و پنج واژه‌ی مشتق از کلمات لاتین را برگزید تا با استفاده از ترکیب‌های گوناگون آن‌ها ابرها را نام‌گذاری کند: کومولوس (به معنای «توده») که آن را *ابر کومه‌ای یا گومه‌ای* می‌گوییم؛ استراتوس (به معنای «لایه») که آن را *پوشن* می‌گوییم؛ سیروس (به معنای «پَر یا مو») که آن را *پَرسا* گفته‌اند، نیمبوس (به معنای «رگبار») که آن را *بارا* می‌گویند؛ و التو (به معنای «بالا») که به آن *فراز* می‌گویند. به این ترتیب ابرهای «کومولو نیمبوس» (*کومه‌ای بارا*) عبارت‌اند از ابرهایی که بر فراز آسمان توده می‌شوند و موجب رگبار می‌شوند (ابرهای تندری)؛ ابرهای «آلتواستراتوس» (*فراز پوشن یا فراز پوشنی*) مرتفع و تخت‌اند. فقط حدود ده مورد از

---

۱. برای اطلاعات بیشتر به کتاب *چرا باد می‌وزد؟* ماتیس لوی، ترجمه‌ی بهرام معلمی از مجموعه قلمرو علم مراجعه کنید.

ترکیب‌های ممکن این کلمات و نام ابرها به کار برده می‌شوند. ناظرانی دیگر، مانند جان لامارک زیست‌شناس، روی الگوی مشابهی کار کرده بود، اما طرح و الگوی هاوارد تا کنون دوام آورده و مورد استفاده است.

همفری دیوی: الکتریسیته از عناصر جدید پرده بر می‌گیرد

۱۸۰۷

همفری دیوی انگلیسی (۱۸۰۱) به‌خاطر اختراع لامپ ایمنی معدن و قوس الکتریکی، ریاست مؤسسه‌ی سلطنتی لندن و «کشف» مایکل فاراده شناخته شده و نامبردار است. آوازه‌ی او در علم عمدتاً بر پایه‌ی مطالعات پیشگامش در حوزه‌ی «الکتریسیته» استوار است. وی این واژه را برای تشریح کردن تجزیه‌ی مایعات مختلف به وسیله‌ی جریان الکتریکی نویافته ساخت. دیوی یکی از نخستین کسانی بود که این کشف هم‌وطنش نیکولسون و کارلایل را پی گرفت که در سال ۱۸۰۰ عملی کرده بودند و بنا بر آن جاری شدن الکتریسیته در آب محتوای کمی اسید، حباب‌های هیدروژن و اکسیژن تولید می‌کند. در این حالت آب به دو عنصر سازنده‌اش تجزیه شده بود.

> *از نظر من هرگز افتخار و برتری دنیوی و این جهانی‌ای بالاتر از آن که با پیشرفت‌های علم گره خورده و مرتبط باشد، وجود نداشته است.*
>
> همفری دیوی

نخستین دریافت و شناخت دیوی (و به شهادت تاریخ، شناختی ژرف) از این قرار بود که تجزیه‌ی آب به عناصر تشکیل‌دهنده‌اش مستلزم فرایندهایی بسیار مشابه با برقرار شدن جریان الکتریکی با استفاده از «پیل ولتایی» (**۱۷۹۶**) است. واکنش‌های شیمیایی می‌توانند جریان‌های الکتریکی را برقرار کنند و برعکس. به این ترتیب این بررسی و مطالعه‌ی جدید را به حق الکتروشیمی نام نهادند. در مفهومی بنیادی‌تر، گرایش مواد به برقراری برهم‌کنش شیمیایی (که «میل ترکیبی» آن‌ها نامیده شده بود) در نهایت از ماهیتی الکتریکی برخوردار است.

دیوی به این فکر افتاد که آیا عمل الکترولیز می‌تواند برخی مواد را، مانند نمک

طعام، کلسیم اکسید (آهک) و سود سوزآور، که از دیرباز گمان می‌رفت ترکیب باشند و نه عنصر، اما در برابر تأثیر گرما و مواد شیمیایی معمولی مقاومت کرده بودند، می‌توان تجزیه کرد. الکترولیز کردن محلول این مواد در آب فقط اکسیژن و هیدروژن تولید می‌کرد. ایده‌ی تیزهوشانه‌ی دیوی عبارت بود از ذوب کردن این مواد پیش از عبور دادن جریان الکتریکی از آن‌ها.

در سال ۱۸۰۷ موفقیت حاصل شد. وی از نمک مذاب فلز جدیدی را به دست آورد که آن را سدیم نامید؛ از پتاسیم کربنات پتاسیم به دست آمد. اندک زمانی نگذشته بود که به همین شیوه کلسیم، استرونسیم، منیزیم و باریم به دست آوردند. این عناصر عمدتاً فلزات سبک‌وزنی بودند که بسیار فعال از کار درآمدند، که واکنش آن‌ها با آب وهوا پر قدرت، و گاهی هم شدید، بود. آن تمایل به واکنش علت این امر به‌شمار می‌آمد که استخراج فلزات از ترکیبات‌شان بسیار دشوار بوده است.

جان دالتون: پاسخ در اتم‌ها نهفته است

۱۸۰۸ به مدتی نزدیک به ۲۰۰ سال این دیدگاه و نگرش باستانی مبنی بر این‌که ماده از ذرات سخت ریزی تشکیل شده که همواره در حرکت‌اند فیزیکدانان اروپایی را به خود مشغول کرده بود. اتم‌ها رفتار گازها را توضیح می‌دادند (**۱۶۶۱**) و آیزاک نیوتون را ترغیب کرده بودند که نظریه‌ی «ذره‌ای» نور را ارائه دهند (**۱۶۷۲**). جان دالتون، آموزگار انگلیسی، با بهره‌گیری و اعمال همین ایده در شیمی به آوازه‌ای دیرپای دست یافت.

دالتون

دالتون عبارت است از معیار جرم اتم‌ها و مولکول‌ها نسبت به جرم معمولی‌ترین کربن، که آن را ۱۲ گرفته‌اند.

دالتون از طریق علائق همیشگی‌اش به وضع هوا و گازهایی چون هوای معمولی (**۱۸۰۱**) به این ایده رسیده با این فرض که هوا را عمدتاً اکسیژن و نیتروژن تشکیل می‌دهد، وی به انجام آزمایش‌هایی با ترکیب‌هایی متشکل از دو عنصر هدایت شد. فقط سه «نیروژن اکسید» شناخته شد: یکی از آن‌ها حاوی مقادیر مساوی و هم‌وزن اکسیژن

و نیتروژن بود؛ در دیگری این نسبت ۱ به ۱/۷ بود؛ این نسبت در سومی عبارت بود از ۱ به ۳/٤. به نظر می‌آمد که طبیعت نسبت‌های دیگری را مجاز نداشته است.

ژوزف پروست در فرانسه همین قواعد را با مواد دیگری یافته بود (۱۸۰٤)؛ و این قواعد در قوانین نوپای نسبت‌های ثابت و چندتایی او منعکس شدند. اما دالتون یک گام دیگر هم به پیش برداشت: وی سوآل کرد که «چرا چنین است؟» وی از قبل به ایده‌ی «اتم‌ها» اندیشیده بود، و اصطلاح اولیه‌ای را ترجیح داد که دموکریتوس یونانی ۲۰۰۰ سال پیش برای «ذرات یا تنیزه‌های» رایج‌تر به کار برده بود. پی برد که این موجود (ذره) برای اجزای سازنده‌ی نیتروژن اکسیدها توضیح ساده‌ای فراهم می‌آورد: ذرات این ترکیب‌ها از تعداد کمی اتم‌های این دو عنصر ساخته می‌شدند، که اتم‌های یک عنصر جملگی هم‌وزن‌اند. در سبک‌ترین نیتروژن اکسید، یک اتم نیتروژن با یک اتم اکسیژن پیوند برقرار می‌کند؛ در نیتروژن اکسید دیگر، دو اتم نیتروژن با سه اتم اکسیژن ادغام می‌شود؛ در سومی، یک اتم نیتروژن در کنار دو اتم اکسیژن قرار خواهد گرفت.

این طرح، در کنار وزن ترکیب‌های گوناگون، بر این معنا دلالت می‌کرد که نسبت وزنی اتم‌های نیتروژن و اکسیژن هفت تا هشت است. در مورد تعداد دیگری از ترکیب‌ها می‌شد محاسبات مشابهی انجام داد، که به این ترتیب جدولی از «وزن اتمی» متمایز برای هر اتم تشکیل شد.

دالتون ایده‌های خود را در سال ۱۸۰۸ در کتاب *نظام جدید فلسفه‌ی شیمی*[1] منتشر کرد. در ابتدا مناقشه‌هایی درگرفت، که دالتون برخی ایرادها را پذیرفت اما برخی ایده‌های غلط را در کنار ایده‌های آشکارا درست کماکان در ذهن خود حفظ کرد. مثلاً، فکر می‌کرد که، با چند استثنا، ترکیب‌ها فقط حاوی یک اتم از هر عنصرند. وی در مقابله با شواهد دیگران فقط به مقادیر زوج اوزان اتمی که به دست آورده بود تکیه کرد. در واقع دالتون محاسبه‌ای را که ما در بالا انجام داده‌ایم نپذیرفته بود.

وی در خصوص مطالب دیگر هم سرسختی نشان می‌داد. بعداً از پذیرش نظام جدید نمادهای شیمیایی که یونس برسلیوس (۱۸۱٤) به جای سیستم نام‌گذاری ناشیانه و نامناسب خودش ارائه کرده بود، سر باز زد. وی کماکان هوادار پرشور نظریه‌ی «کالریک» گرما باقی ماند حتی در هنگامی که شواهد بر علیه این نظریه رو به فزونی نهاده بود (۱۷۹۸). و او در واقع آزمایشگر دقیقی هم نبود: در وقتی که نتایج

---

1. *A New System of Chemical Philosophy*

و روش‌های بهتری در دسترس بود، وی کماکان به اندازه‌گیری‌های غیر دقیق، خام و آسان راضی بود.

با همه‌ی این احوال، «نظریه‌ی اتمی» او مسیر علم را دگرگون کرد، بخصوص وقتی شواهد تقویت‌کننده‌ای از جانب برسلیوس و کسانی دیگر روی هم انباشته می‌شد و گرد می‌آمد. دالتون حالتی را برای واقعیت اتم‌ها پیش کشیده و سکوی پرتابی برای شیمی نوین پی ریخته بود. یکی از پیامدهای این نگرش توفان مرگباری بود که بر پیکر امیدهای ضعیف و کورسوی کیمیاگرانی نواخت که در راه تبدیل عنصری به عنصر دیگر، و در نهایت، مثلاً، رسیدن به طلا، تلاش می‌کردند. اتم‌های دالتون نامرئی و تغییرناپذیر بودند. یک قرن دیگر گذشت تا اعتبار این نظریه به چالش کشیده شد و پیامدهای ژرفی در بر داشت (۱۹۱۹).

ژوزف گی-لوساک: وقتی گازها ترکیب می‌شوند

۱۸۰۸ در خلال انقلاب فرانسه و پیامدهای آن، علوم با سیاست درآمیخت. سر لاووازیه‌ی کبیر، به علت مشارکت‌هایش در امور سیاسی (پیش از انقلاب)، به تیغه‌ی گیوتین سپرده شد (۱۷۸۹)؛ ژوزف پروست (۱۸۰٤) برای برکنار ماندن از آشوب‌ها و تلاطم‌های اجتماعی به اسپانیا گریخته بود. در حکومت ناپلئون، که سودمندی‌ها و مزیت‌های علم را برای اقتصاد و دفاع ملی به خوبی درک می‌کردند، دانشمندان سرآمد و توانا فرصت‌هایی برای پیشرفت و دریافت پاداش به دست آوردند.

ژوزف گی-لوساک از جمله کسانی بود که زندگی‌اش به نحو پر دامنه‌ای از مسائل اجتماعی متأثر شده بود. بازداشت و زندانی شدن پدرش در سال ۱۷۹۲ با اعزام گی-لوساک نوجوان برای ادامه‌ی تحصیل به پاریس مصادف شد. وی در آنجا با برخی از چهره‌های علمی پیشگام آن روزگار، از جمله کلود برتوله، که با لاووازیه کار کرده بود، و پی‌یر لاپلاس (۱۷۹٦) ملاقات کرد. حیات حرفه‌ای او از همان زمان شکوفا و وی در بسیاری زمینه‌ها و حوزه‌ها فعال شد. وی در گسترش دامنه و رشد صنایع شیمیایی فرانسه چهره‌ای شاخص و پیشاهنگ بود، که در بهبود تولید سولفوریک اسید، باروت و اکسالیک اسید سهم داشت و نقش ایفا کرد. وی شخصی ماجراجو هم بود، و یک بار با یک بالون تا ارتفاع شش کیلومتری سطح زمین بالا رفت تا از آنجا مشاهده کند که آیا میدان مغناطیسی زمین به تناسب ارتفاع ضعیف می‌شود یا خیر (که نتیجه منفی بود، یعنی این میدان با ارتفاع ضعیف نمی‌شد).

در حوزه‌ی علم محض، دستاوردهایش به گازها مرتبط می‌شود. وی کار خود را در سال ۱۸۰۲ با کشف رابطه‌ی میان فضایی که مقدار معینی گاز اشغال می‌کند، در حالی که فشارش ثابت نگه داشته می‌شود، و دمای آن، آغاز کرد. گی-لوساک (مانند هم‌وطنش ژاک شارل که مانند او شیفته‌ی بالون‌سواری بود و ۲۵ سال قبل (**۱۷۸۳**) کشف کرده اما منتشر نکرده بود) پی برد که به ازای هر درجه افت دما، حجم گاز به اندازه‌ی مقداری ثابت کاهش می‌یابد (فشرده می‌شود). بعد از انجام آزمایشی دقیق، اندازه‌ی این کاهش حجم را تعیین کرد، از این رو به کمک تعریف لرد کلوین از صفر مطلق (**۱۸٤۸**)، دمایی را یافت که در آن دما گاز (از لحاظ نظری) به هیچ یا صفر منقبض خواهد شد.

گی-لوساک حجم گازهای دخیل در واکنش‌های شیمیایی را نیز اندازه گرفت. ارقامی که به دست آورد به نحو چشمگیری ساده از کار درآمد: مثلاً، اگر دما و فشار ثابت نگه داشته شوند، دو لیتر هیدروژن با یک لیتر اکسیژن ترکیب می‌شود و دو لیتر بخار آب تشکیل خواهد داد. (نیکولسون و کارلایل انگلیسی به همین موضوع رسیده بودند اما در سال **۱۸۰۰** در جهت عکس و با تجزیه‌ی آب به هیدروژن و اکسیژن به کمک عبور جریان الکتریکی.) اعداد ساده‌ی مشابهی در سایر واکنش‌ها به دست می‌آمد، مانند واکنش بین نیتروژن و هیدروژن و تشکیل آمونیاک.

قانون گی-لوساک درباره‌ی ترکیب حجم‌های گاز

حجم گازهای مصرف شده یا تولید شده در هر واکنش شیمیایی، اگر در فشار و دمای ثابت اندازه‌گیری شده باشند، با نسبت‌های اعداد صحیح کوچک بیان می‌شود.

و از همین جا، گی-لوساک قانون ترکیب حجم‌های گاز خود را در ۱۸۰۸ تعمیم داد: «وقتی گازها واکنش می‌کنند، اگر حاصل این واکنش گاز باشد، بین حجم آن‌ها با یکدیگر و با حجم گاز حاصل، رابطه‌ی ساده‌ای برقرار است.» برای بعضی‌ها فقط تا سال **۱۸۱۱** طول کشید که این قانون را با نظریه‌ی اتمی دالتون، که آن هم در سال **۱۸۰۸** اعلام شده بود، مرتبط کنند.

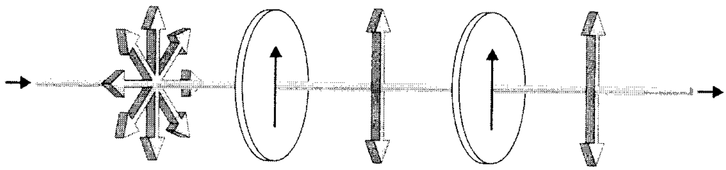
اتی‌ین مالوس: نوری که از پنجره می‌تابد

۱۸۰۸ اتی‌ین مالوس، از سکوی آزمایشگاهش در پاریس می‌توانست آفتاب را ببیند که از شیشه‌ی بزرگ پنجره‌های کاخ لوگزامبورگ در ضلع مقابلش در خیابان بازتابیده می‌شدند. مالوس به نور، از جمله یکی از خواص ویژه‌ی آن که «قطبیدگی یا قطبش» باشد، توجه و دلبستگی زیادی نشان می‌داد. این پدیده را نخستین بار کریستین هویگنس هلندی یکصد و بیست سال قبل کاویده و توضیح داده بود. هویگنس گفته بود قطبش ممکن و شدنی است، زیرا نور عبارت است از یک رشته امواج در محیطی نامرئی و آشکارنشدنی به نام اتر، شبیه به موجک‌هایی که در سطح آب تشکیل می‌شوند. در امواج آب، موجک‌ها همیشه در بالا و سطح هستند. در مورد نور وضعیت امواج پیچیده‌تر است.

فرض کنید یک سر ریسمانی را به یک تیرک ببندید و سر دیگرش را با دست نگه دارید، در حالی که ریسمان را محکم می‌کشید. حرکت سریع دستتان موجکی را، عمودی، افقی یا تحت هر زاویه‌ای، بسته به جهت حرکت دستتان، در امتداد ریسمان گسیل خواهد کرد. اکنون ریسمان را بین دو تیرک قائم ببندید. در این حالت فقط تشکیل موجک‌های قائم امکان‌پذیرند؛ تیرک‌ها موجک‌های کنار هم را متوقف می‌کنند، که در این حال موجک‌های سوار بر ریسمان را «قطبیده» می‌کنند. مالوس می‌دانست که نور می‌تواند به همین ترتیب با عبور از بلوری از جنس کلسیت معدنی قطبیده شود، که این بلور امکان می‌دهد نور فقط از یک «صفحه‌ی قطبش» عبور کند. دو بلوری که همراه با هم و در کنار هم به کار رفتند توانستند معلوم کنند که آیا نور قبلاً قطبیده بوده یا خیر. پالایه‌های قطبنده‌ای امروزه از جنس مواد ترکیبی، مانند «پولارویدا»، به کار می‌گیرند.

مالوس با نگاه کردن از طریق یک جفت بلور کلسیت به جای پنجره، پی برد که دست‌کم مقداری از نور ورودی قطبیده شد. از این رو نور می‌تواند با بازتابش از شیشه‌ی معمولی قطبیده شود و لزوماً به بلورهای عجیب و غریب نیازی نیست. جستارهای پر دامنه‌تر در خصوص قطبش نور به فهم و درک بهتری از ماهیت نور و این کشف لویی پاستور که طبیعت «یک دست یا یک جانبه» است (۱۸٤۷)، انجامید.

دیوید بروستر، فیزیکدان اسکاتلندی بعداً دریافت که درجه‌ی قطبش به زاویه‌ای بستگی دارد که تحت آن نور بازتابیده می‌شود. مقداری نور از پنجره باز می‌تابد؛ مقداری هم از آن از شیشه عبور می‌کند و خم می‌شود (می‌شکند). وقتی پرتوهای بازتابیده و شکسته بر یکدیگر عمود باشند، بیشترین مقدار نور قطبیده می‌شود. زاویه‌ی بین این پرتو در حالت عمود بر هم (۹۰°) زاویه‌ی بروستر است.



یک پرتو از چپ به راست می‌تابد و عبور می‌کند. این پرتو نور پیش از رسیدن به نخستین بلور، «قطبیده» است، یعنی، از یک پهلو به پهلوی دیگر، اما در همه‌ی جهت‌ها، ارتعاش می‌کند. آرایش اتم‌ها در بلور قطبنده این امکان را به نور می‌دهد که فقط در یک جهت، یعنی «صفحه‌ی قطبش» به ارتعاش درآید. بلور دوم به نور قطبیده اجازه‌ی عبور می‌دهد فقط در صورتی که اتم‌های آن موازی با اتم‌های بلور اول به خط شوند. به این ترتیب چرخاندن بلور دوم نشان خواهد داد که نور تابشی (ورودی) قطبیده شود و صفحه‌ی قطبش خود را پیدا کند.

مالوس مدت زیادی بیشتر از کشف خود زندگی نکرد؛ وی در ۳۷ سالگی درگذشت، شاید به علت ابتلا به سل که سال‌ها قبل که در مصر سرباز بود به آن گرفتار شده بود. وی به اندازه‌ی کافی زندگی کرد که به عضویت فرهنگستان علوم درآید و نشان رامفورد را از انجمن سلطنتی لندن دریافت دارد. در آن زمان بین انگلیس و فرانسه جنگ جریان داشت؛ علم غالباً فراتر از سیاست پرواز می‌کند.

ژان لامارک: واقعیت تکامل

۱۸۰۹

جایگاه ژان لامارک فرانسوی در تاریخ علم عمدتاً متوجه نظریه‌ی مناقشه‌برانگیز تکامل زیستی اوست. جانوران و گیاهان به علت ظرفیت‌ها و استعدادهایی که در خلال سیاست خود کسب می‌کنند، که از آن‌ها برای بقا برخوردار می‌شوند، و به زادگان و اولادشان هم انتقال می‌یابند، دستخوش دگرگونی و تغییر می‌شوند. پرندگان آبچر دارای پاهای بلندی‌اند زیرا باید ماهی بگیرند. نیاکانشان پاهای خود را می‌کشیدند تا بتوانند در آب عمیق راه بروند و از آن عبور کنند؛ آن پاهای درازتر و کشیده‌تر را نسل بعدی به ارث برد. به گفته‌ی لامارک، عدم استفاده از بال‌ها و اندام‌ها این‌گونه پرندگان را به صورت امروزی درآورده است. مارها دست و پا ندارند زیرا نیاکانشان به دست و پا نیاز نداشته‌اند. در این موارد می‌توان مثال‌ها و نمونه‌های

متعدد و فراوانی ارائه کرد.

لامارک برای ارائه‌ی «دلیل و علت» تکامل، طبیعت را در حالت ثابتی از «پیشرفت به سوی کمال» تجسم کرد. موجودات زنده پیوسته از نردبام حیات از وضع ساده به وضع پیچیده بالا می‌روند، و از طریق تنازع و مبارزه برای بقا و ماندگاری توانایی‌های جدیدی کسب می‌کنند و این توانایی‌ها را به اخلاف خود انتقال می‌دهند. نژاد و نوع آدمی بر تارک این سلسله مراتب نشسته است؛ ما هم اکنون تمامی پله‌ها و مراحل طبیعت را پیموده‌ایم.

لامارک ایده‌های خود را در کتابش *فلسفه‌ی جانورشناسی*[1] در سال ۱۸۰۹ منتشر کرد. «خصوصیات اکتسابی ارثی»، در حکم توضیح بسیاری از اتفاقات و مواردی که در طبیعت مشاهده می‌شود بدیع، خلاقانه و جامع بود که با استحکام تمام بر شالوده‌های مشاهدات خودش (**۱۸۱۵**) استوار می‌شد. با همه‌ی این احوال یک قرن مشاهده و تجربه‌ی بیشتر لازم بود تا اثبات شود او راه خطا می‌پیموده است. تکامل مطابق ایده‌های او رخ نداده بود.

پس چرا چنین به یادها مانده است؟ هر دانشجوی زیست‌شناسی «می‌داند» که لامارک ادعا کرد که درازی گردن زرافه حاصل نسل‌ها کشیدگی گردن این جانور برای رسیدن به برگ‌های درختان در طبقات فرازین آن‌هاست. در واقع، این مثال را چارلز لایل (**۱۸۲۹**) زمین‌شناس انگلیسی و منتقد سرسخت لامارک ابداع کرد تا کل طرح او را به سخره گیرد و دست اندازد. لایل به نقل قول گسترده‌ای از لامارک در کتاب خودش، *اصول زمین‌شناسی*، دیدگاه‌های لامارک را به خوبی معرفی کرد.

ایده‌های لامارک حتی در سرزمین خودش با اقبال و پشتیبانی بسیار اندکی مواجه شد. در نزد اکثر دانشمندان فرانسوی، اصلاً تکاملی اتفاق نیفتاده بود. از ژرژ کوویه‌ی سرشناس (**۱۸۱۲**) تا اهل علمی در مرتبه‌های پایین‌تر، فکر می‌کردند که برخی گونه‌ها باید به نحو فاجعه‌باری نابود و محو و بایستی گونه‌های دیگری از نو از جانب خداوند خلق شوند؛ در غیر این صورت، گونه‌هایی که به کمال رسیده‌اند بدون تغییر باقی می‌ماندند. چارلز داروین عمده‌ی توضیحات لامارک را رد کرد، اما دست‌کم این فرانسوی راضی و خشنود بود که درباره‌ی تکامل زیستی اندیشیده و تأمل کرده است. همان‌گونه که داروین در کتابش، *منشأ گونه‌ها* (**۱۸۵۹**) اذعان کرد، لامارک این امکان را مطرح کرده بود که: «تمام تغییرات و دگرگونی‌ها در دنیای آلی، و نیز غیر آلی (معدنی)، حاصل قانون و قاعده‌ای‌اند و نه نتیجه‌ی مداخله‌های معجزه‌آسا». **۱۸۱۵** ◄◄

1. *Philosophy of Zoology*

مری آنینگ و دایناسورها

۱۸۱۱ مری آنینگ استثنایی مطالعات خود را در علم هنوز جوان *دیرین‌شناسی* در نوجوانی آغاز کرد. وی فقط دوازده سال داشت که نخستین سنگواره‌ی درخور اهمیت خود را یافت. در سال ۱۸۱۱ نخستین استخوان‌بندی (اسکلت) کامل آن چیزی که بعداً سوسمارماهی خوانده شد، بر صخره‌های نزدیک خانه‌اش در لیم رجیز در غرب انگلستان بر اثر فرسایش این صخره‌ها نمایان شد. برادر وی سر این جانور را سال پیش‌تر یافته بود، اما فکر کرده بود که سر یک کروکودیل (تمساح) است.

مرگ نابهنگام پدر این دو نوجوان بر اثر ابتلا به بیماری سل، برادر و خواهر آنینگ را برای گذران زندگی وادار به گردآوری سنگواره کرد، که آن‌ها را برای فروش به گردشگران، سایر گردآورندگان، و به نحو فزاینده‌ای دانشمندان کرد. آنینگ به عذاب آمده از فقر در وجود یک گردآورنده‌ی محلی ثروتمند که مجموعه‌ی خود را فروخته بود تا مشکلاتش را حل کند، یک حامی و مشوق یافت. وی پیش از مرگ زودهنگامش در ٤٧ سالگی بر اثر ابتلا به سرطان سینه، به کشف‌های مهم‌تری نایل آمد. این یافته‌ها شامل نخستین پله‌سیوسور (خزنده‌ی آب‌زی دیگر) شناخته شده در سال ۱۸۲۱ و بعداً نخستین پتروسور (خزنده‌ای که می‌توانست پرواز کند) شناخته شده بود، که این یکی در آلمان یافته شد.

موجودات سنگواره‌ای شبیه به آن‌ها که آنینگ یافته بود حالا دیگر در سرتاسر اروپا کشف می‌شد، که از جمله‌ی آن‌ها بازمانده‌های موجودات غول‌پیکر و شگفت و غیرعادی را بی‌شباهت به هر چه که در آن زمان می‌زیستند، هرچند که شاید رابطه‌ای هم بین آن‌ها که زنده بودند و آن موجودات برقرار بود، می‌توان برشمرد. حالا دیگر می‌شد به موضوع انقراض موجودات اندیشید، به این‌که بسیاری از موجودات که زمانی فراوان و پر شمار بر زمین می‌زیستند اکنون دیگر در جایی یافت نمی‌شدند. گردآورنده‌ی انگلیسی دیگری، ویلیام باکلند، استخوان‌های موجودی را یافت که را مگالوسوروس یا «غول‌سوسمار» نامید. سنگواره‌جویان دیگری استخوان‌ها و اجزای اندام موجوداتی را با پاهای قوی، بدن استخوانی پهن شده ، و دُم‌هایی چندان پر جرم که در حکم سلاح به کار می‌آمد، اما همچنین حیوانات کوچک‌تر و ظریف‌تری به اندازه‌ی اندام پرندگان بزرگ یافتند.

در سال ۱۸٤۱ ریچارد اوین، کالبدشناس انگلیسی برای این موجودات نامی مشترک پیشنهاد کرد: دایناسورها، به معنای «سوسمارهای ترسناک». به نظر او این موجودات خانواده‌ای از خزندگان را ــ موجودات خون‌سرد و تخم‌گذار که برخی

قادر به جهیدن یا پرواز کردن یا دویدن بودند ــ نمایش می‌دادند که دیری از نابودی آن‌ها می‌گذشت. دندان آن‌ها نشان می‌داد که برخی علف‌خوار بودند، و برخی دیگر گوشت‌خوار. برخی به راستی غول‌پیکر بودند. یکی که در سال ۱۸٤۹ یافته شد دارای دست یا بال فوقانی به درازی یک متر بود.

جان مارتین، نقاش نامدار انگلیسی، تصویرهایی را برای کتاب‌های همگان‌فهم درباره‌ی این موجودات ترسیم کرد، که آن‌ها را (نه دقیقاً واقعی) شبیه اژدها نشان می‌داد. مدت زمان کوتاهی بعد، ریچارد اوون هدایت بازسازی صحنه‌های «حیات پیش از تاریخی» را در کریستال پالاس پارک لندن بر عهده گرفت. شیفتگی همگان نسبت به دایناسورها بالا گرفت ــ و هرگز هم از این جذبه و شیفتگی کم نشد.

چارلز بل: معمار مغز

۱۸۱۱ چارلز بل، پزشک اسکاتلندی‌تبار می‌توانست حرفه‌ی یک هنرمند را پیشه کند. طراحی‌ها و آب‌رنگ‌هایش راجع به تشریح پیش از اختراع عکاسی، سابقه و پیشینه‌ای حیاتی به‌شمار می‌آیند. این طرح‌ها بسی ارزشمند و با مهارت تمام اجرا شده بودند، بخصوص تصویرها و طرح‌های پر آوازه‌ی سربازان زخمی در نبرد واترلو، که بل در آن جبهه به عنوان پزشک خدمت می‌کرد. بنا بر یکی از گزارش‌ها وی «تا وقتی لباس‌هایش از خون کاملاً آغشته می‌شد و بازوهایش از کاربرد چاقوی جراحی از کار می‌افتاد» به جراحی مجروحان ادامه می‌داد.

نام بل امروزه در چارچوب اصطلاحاتی چون فلج بل، یعنی انحطاط و تباهی عصب چهره‌ای که سبب می‌شود یک طرف صورت پایین افتد، ماندگار است. این مورد کارهای زندگی او را برجسته می‌کند، که به فهم بهتر چگونگی کارکرد دستگاه عصبی، و این‌که چگونه اعصاب بین مراکز شناخته شده‌ی با اندام‌های حسی و عضلات ارتباط برقرار می‌کند، انجامید. در این حوزه وی بسیار تأثیرگذار بود. کتابش تحت عنوان *نظر در خصوص کالبدشکافی جدید مغز*[1] که در سال ۱۸۱۱ انتشار یافت، از سوی بعضی‌ها «منشور و سند عصب‌شناسی» نامیده شد.

بل نواحی گوناگون مغز و کارکردهای آن‌ها را باز شناخت، که بخصوص می‌توان از مخچه ــ ابتدایی‌ترین ناحیه و نزدیک‌ترین ناحیه به نخاع، که عهده‌دار اعمالی حیاتی چون تنفس و زنش قلب است ــ و مخ یا مغز پیشین در قسمت فوقانی و

1. *An Idea of a New Anatomy of the Brain*

جلویی مغز، مرکز حس و فعالیت‌های ارادی، یاد کرد. وی همچنین پی برد که نخاع در داخل ستون فقرات حاوی دو مجموعه عصب است، یکی به پشت مغز وصل می‌شود («اعصاب پشتی»)، و دیگری به جلوی مغز اتصال پیدا می‌کند («اعصاب بطنی یا زیرین»).

وی، به همراه دیگران، کشف کرد که اعصاب پشتی همان «اعصاب حسی»اند، که دریافت تأثیرات یا نشانه‌ها را از چشمان، گوش‌ها، پوست و جز آن‌ها به مغز منتقل می‌کنند، در حالی که اعصاب بطنی یا زیرین «اعصاب حرکتی»اند، و پیام‌ها را از مغز به عضلات و اندام‌ها می‌رسانند، و از این رو حرکت و تغییرات و دگرگونی‌ها را باعث می‌شوند. این یافته‌ها بخش اساسی توضیح و تفسیرها را در چارچوب دستگاه عصبی جا انداخت و برنامه و خط مشی توضیحات مفصلی را فراهم آورد که تا امروز هم ادامه دارد.

بل، با رفتار ملایم و مهربانش، به عنوان معلم و استاد کالبدشکافی بسیار پر طرفدار بود. وی ریاست مدرسه‌ی کالبدشناسی را بر عهده گرفت که جان هانتر کبیر (**۱۷۷۵ پرسیوال پات**) بنیاد نهاده بود، و بعداً به جزئی از دانشگاه لندن تبدیل شد. بل به استادی آنجا گمارده شد، اما او به شرایط کاری‌اش علاقه‌ای نداشت و بازنشسته شد تا به کار طبابت خصوصی بپردازد. وی بعداً لندن را به کلی ترک کرد («مکانی خوب برای زندگی اما نه برای مردن») و به اسکاتلند و ماهی‌گیری که بسیار مورد علاقه‌اش بود، بازگشت.

آمادئو آووگادرو و عدد بسیار بزرگش

۱۸۱۱

سال **۱۸۰۸** برای جا افتادن و بلوغ شیمی در مقام یک علم، که در آن اندازه‌گیری بسیار مهم بود و نه مشاهده‌ی صِرف، سالی بس تعیین‌کننده به‌شمار می‌آمد. ژوزف گی‌ـ‌لوساک، شیمیدان فرانسوی قانون ترکیب حجمی گازها را بسط داده بود. بنا بر این قانون، نسبت بین حجم گازهایی که با هم ترکیب می‌شوند تا ترکیب جدیدی را تشکیل دهند اعداد صحیح یا کسرهای ساده‌ای‌اند. سه لیتر هیدروژن با یک لیتر نیتروژن واکنش می‌دهند و دو لیتر آمونیاک تولید می‌کنند. دقیقاً به همین ترتیب.

در همان سال، جان دالتون، آموزگار انگلیسی، «نظریه‌ی اتمی» خود را منتشر کرد با این نیت که توضیح دهد چرا نسبت عناصر گوناگون در یک ترکیب همواره یکسان

است، مستقل از این‌که این ترکیب چگونه تشکیل می‌شود. به قول او، پاسخ از این قرار بود که آمونیاک از ذرات درست می‌شود و هر یک از این ذرات فقط حاوی تعداد کمی ذرات کوچک‌تر یا «اتم‌ها»ست که نمایانگر نیتروژن و هیدروژن هستند.

چون همه‌ی این اعداد بسیار ساده بودند، باید رابطه‌ی عمیق‌تری بین آن‌ها برقرار می‌بود. در سال ۱۸۱۱ آمادئو آووگادرو، شیمیدان ایتالیایی، «فرضیه»ی خود را (که حالا هم معمولاً به همین عنوان فرضیه از آن یاد می‌شود) ارائه کرد. می‌توانیم به یک تعبیر آن را از این قرار بیان کنیم: مثلاً، یک لیتر از هر یک از دو گاز را در نظر بگیرید، بدون توجه به این‌که چه گازی باشند، اگر فشار و دمای آن‌ها یکسان باشد، هر لیتر دقیقاً حاوی تعداد یکسانی ذره خواهد بود. این فرضیه به تعریف ثابت آووگادرو می‌انجامد.

ثابت آووگادرو

این ثابت عبارت است از تعداد ذرات (اتم‌ها یا مولکول‌ها) در یک مول از ماده، یعنی، در جرمی از ماده برابر با وزن اتمی یا مولکولی‌اش بر حسب گرم (۲ گرم هیدروژن یا ۱۰۸ گرم نقره). هر مول تقریباً حاوی ۱۰۲۳ × ۶ ذره است.

فرضیه‌ی آووگادرو نظر پیشنهادی شگفت‌آور، و کاملاً خارج از خطوط تفکر زمانه، به‌شمار می‌آمد. چهره‌های سرشناس و تابناکی چون دالتون، گی‌ـ لوساک و برسلیوس هرگز نظر او را نپذیرفتند. این فرضیه مستلزم آن بود که ذرات نیتروژن و هیدروژن (که آووگادرو اصطلاح «مولکول» را برای آن‌ها ابداع کرده بود) هر یک شامل دو اتم باشند. این امر محال به نظر می‌رسید؛ قطعاً دو اتم نیتروژن، که شبیه‌اند، همدیگر را می‌رانند و هرگز بین آن‌ها پیوندی برقرار نمی‌شود که مولکولی را تشکیل دهند.

آووگادرو، تحقیر شده و منزوی و از یاد رفته، در گمنامی تا پنجاه سالگی زنده ماند. وقتی هم او و هم رقیبانش درگذشتند، یکی از همکاران و هم‌قطارانش فرضیه‌اش را احیا کرد و این فرضیه به زودی به خرد متعارف و رایج بدل شد. شیمیدانان، رها از بند ایده‌های جزمی و انعطاف‌ناپذیر دریافتند که برای توضیح دادن انباشته و مجموعه‌ی مشاهدات تجربی، هیچ راهی بهتر از این وجود ندارد. حجم‌های مساوی تمامی گازها تحت شرایط یکسان در واقع حاوی تعداد ذرات مساوی و یکسان‌اند.

و تعداد این ذرات دقیقاً چقدر است؟ به مدت یک قرن پس از آووگادرو مقدار این اعداد را با قطعیت نمی‌دانستند اما می‌دانستند اعدادی بزرگ و عظیم‌اند، زیرا

مولکول‌ها فوق‌العاده کوچک‌اند. مثلاً، تحت «شرایط متعارف»، دو گرم هیدروژن یا ۲۸ گرم نیتروژن (یک «مول» از هر کدامشان) حدود ۱۲ لیتر حجم را فرا می‌گیرد. در این حجم، «عدد آووگادروی» مولکول‌ها را حدود ششصد هزار میلیون میلیون میلیون عدد خواهیم یافت. به راستی چنین است.

ژرژ کوویه: انقراض‌ها واقعاً اتفاق افتاده‌اند

۱۸۱۲

کار ژرژ کوویه‌ی فرانسوی چندان عظیم و چشمگیر بود که وی را سزاوار لقب «پدر دیرین‌شناسی» دانسته‌اند. قطعاً برای نظم بخشیدن به مطالعه‌ی استخوان‌های سنگواره، و به دست دادن تصویری از موجوداتی که این استخوان‌ها از آن‌ها بر جای مانده است، وی بیش از هر کس دیگری کار کرده است. فهم و درک وی از «کالبدشناسی کارکردی»، یعنی شیوه‌های ارتباط شکل هر جزئی از جانور با عملکردش، چنان کامل بود که توانست موجوداتی را با دقتی چشمگیر از فقط چند تکه‌ی معدود اندام آن‌ها بازسازی کند. کتابش در خصوص استخوان‌های سنگواره‌ی چهارپایان، که در سال ۱۸۱۲ انتشار یافت، کتابی کلاسیک بود، اما همه‌ی انواع سنگواره‌ها توجهش را جلب کرد.

احتمالاً مهم‌ترین کار وی بازشناسی و رسمیت بخشیدن به مفهوم انقراض بود. بسیار کسان پیش از وی در این خصوص بحث کرده بودند که سنگواره‌ها بازمانده‌های موجوداتی‌اند که از روی زمین حذف شده و از بین رفته‌اند. این ایده مناقشه‌برانگیز بود؛ از دیده‌ی برخی منتقدان آن، در حالی که خداوند همه‌ی موجودات را آفریده، چرا برای بعضی از آن‌ها شرایطی به‌وجود آورده که از بین بروند؟

ماموت‌ها نمونه و مثال مطلوبی بودند. استخوان‌های این موجودات غول‌پیکر و فیل‌مانند در بسیاری از جاها یافته شده بود. در ایتالیا نظر بر این بود که این استخوان‌ها بازمانده‌های چهارپایان و حیواناتی‌اند که هانیبال در تهاجمش به آن سرزمین در دو هزار سال پیش، از آن‌ها استفاده کرده است. توماس جفرسون، رئیس جمهوری ایالات متحده، و عضو وابسته‌ی *انجمن قمری* (۱۷۶۵)، فکر می‌کرد که ماموت‌ها هنوز هم باید در سرزمین‌های دست نخورده‌ی آمریکای شمالی زیست کنند. پاسخ کوویه عبارت بود از مقایسه‌ی فیل‌های امروزی با سنگواره‌های ماموت‌ها. این استخوان‌ها در بسیاری از جزئیات چندان متفاوت از آب درآمدند که آن‌ها را در شمار گونه‌هایی متفاوت به حساب آوردند. به این ترتیب اثبات می‌شد که ماموت‌ها از بین رفته‌اند، اما

فیل‌ها باقی مانده‌اند.

و چرا این موجودات از بین رفته بودند؟ به نظر کوویه زمین در خلال بالا آمدگی‌ها و خیزها یا «دگرگونی‌های بزرگ» که تمامی خانواده‌های موجودات زنده را از بین برده بودند، در الگوی حیات بر کره‌ی زمین دگرگونی ژرفی پدید آورده بودند. وی از اصطلاح «فاجعه یا بلا» استفاده نکرد زیرا کسانی دیگر بین آن و رویدادهای توفان نوح در کتاب مقدس ارتباط برقرار می‌کردند، که ظاهراً از آن «کار خدا» تعبیر می‌شد. دگرگونی‌های ژرف کوویه دلایل طبیعی داشتند. کوویه، در ارتقای دیدگاه‌های خود نسبت به رویدادها ناگزیر شد با هواداران «اصل یکنواخت‌گرایی»، چون چارلز لایل (**۱۸۲۹**)، درست مانند اسلافش، چون ژان دلوک (**۱۷۷۸**)، که با جیمز هوتون به کشمکش پرداخته بود، به نبرد برخیزد. لایل و هم‌فکرانش در آن موقع در این مناقشه پیروز شدند، اما امکان دگرگونی و تغییر شدید ناگهانی اخیراً، با سخن از برخورد سیارک‌ها با زمین (**۱۹۸۰ آلوارز**) و فوران‌های شدید آتشفشانی به عنوان عوامل عمده‌ی تأثیرگذار بر الگوی حیات، احیا شده است.

مردی چون ژرژ کوویه که می‌توانست هر چیزی را در ۱۹۰۰۰ جلد کتاب کتابخانه‌اش، تقریباً کلمه به کلمه، به یاد آورد و به خاطر بسپرد، باید ذهنی شگفت و فوق‌العاده داشته باشد. استعدادها و دستاوردهای این دانشمند فرانسوی از تحقیقات علمی فراتر رفت. وی به عنوان منشی مؤسسه‌ی ملی، که پس از انقلاب فرانسه به جای فرهنگستان سلطنتی (فرانسه)، پا گرفته بود، به صورت تقریباً تمام وقت به کار مشغول بود. وی، در حکومت ناپلئون، در ترویج و گسترش آموزش عالی، بخصوص در قلمروهایی که به فرانسه ملحق شده بودند، بسیار فعال بود. وی در شصت و سه سالگی، در حالی که بالاترین افتخارات را از حکومت فرانسه دریافت داشته بود، درگذشت.

مایکل فاراده: حیات در مؤسسه‌ی سلطنتی آغاز می‌شود

۱۸۱۲ از همفری دیوی، نخستین مدیر مؤسسه‌ی سلطنتی لندن، خواسته شد که بزرگ‌ترین کشف خود را نام ببرد. وی ظاهراً در پاسخ گفته است «مایکل فاراده». اگر وی این سخن را به زبان رانده باشد، کاملاً حق داشته است. وی چندان با استعداد بود که از دیوی، که دست پرورده‌اش بود، در اکثر موارد پیشی گرفت. این شاگرد صحاف ذهنی همواره جستجوگر و کنجکاو داشت و هر کتاب علمی را که برای صحافی می‌آوردند، می‌خواند. بنا بر داستانی که همه می‌دانند، به فاراده

اجازه‌نامه‌هایی برای حضور در درس‌ها و سخنرانی‌های دیوی داده شده بود. وی بعداً یادداشت‌هایش را تنظیم کرد، تصویر و نمودارهایی به آن‌ها افزود و همراه با نامه‌ای به عنوان درخواست کار و شغل ارائه داد. دیوی تحت تأثیر قرار گرفت و در سال ۱۸۱۲ وی را به عنوان دستیار و منشی خود برگزید. پس از کوتاه زمانی، این دو به سفری به دور اروپا دست زدند، همسر متفرعن دیوی نیز که همراه آنان بود انتظار داشت فاراده‌ای که در خانواده‌ای فرودست به دنیا آمده، با خدمتکاران غذا بخورد و نشست و برخاست کند.

فاراده‌ی تجربه‌اندوخته پس از بازگشت در مؤسسه‌ی سلطنتی دوباره به کار مشغول شد. تا سال ۱۸۲۱، وی که ازدواج کرده بود در سی سالگی به مدیریت آزمایشگاه برگزیده شده بود. در سال ۱۸۲۵ که دیوی بازنشسته شد وی جانشین‌اش شد. در خلال این سال‌ها، وی برای نخستین بار گاز کلر را مایع و هیدروکربن بنزن مهم را از طریق تقطیر روغن نهنگ کشف کرد.

بزرگ‌ترین دستاوردهای فاراده در حوزه‌های الکتریسیته و مغناطیس از سال **۱۸۳۱** به بعد، در پی خطایی که پیش‌تر اتفاق افتاده بود (**۱۸۲۰ ارستد**)، حاصل شد. مؤسسه‌ی سلطنتی، تحت مدیریت و هدایت وی آگاهی علمی همگان را بسی ارتقا بخشید. سخنرانی‌های کریسمس وی برای کودکان، که نخستین بار در سال ۱۸۲٦ ارائه داد، تا امروز ادامه یافته است. سخنرانی‌های خود فاراده درباره‌ی «تاریخ طبیعی یک شمع» که در اواخر عمرش ارائه داد، سخنرانی‌های کلاسیک بودند.

فاراده هرگز از مفهوم «کنش از دور» که آیزاک نیوتون برای نیروی گرانش ارائه داده بود (١٦٨٧)، قانع نشد. وی، مانند رنه دکارت (١٦٤٤)، نتوانست نیروهایی را درک کند که از طریق «فضای تهی» عمل می‌کردند. در نزد دکارت فضا از «ماده‌ی رقیق» آکنده بود که نیروها را به لحاظ مکانیکی حمل می‌کرد. فاراده این فضا را از «میدان ها» پر کرد، یعنی مناطق نفوذی که در آنجا بر جرم، بار، یا قطب مغناطیسی نیرو وارد می‌آید. فاراده برای واقعیت این میدان ها، که در قالب «خطوط نیرو» مجسم می‌شدند، به نحو قانع‌کننده‌ای استدلال ارائه داد. نظریه‌پردازانی چون جیمز کلرک مکسول (**۱۸۷۱**) این خطوط نیرو را در قالب ریاضی ریخت (فاراده هرگز از این امر خشنود نبود).

دو میراث واپسین: فاراده این پند را به ویلیام کروکس، فیزیکدان جوان، ارائه کرد: «کار کن، به نتیجه برسان، منتشر کن». به همه‌ی ما گفت: «هیچ چیز چندان شگفت‌آور نیست که حقیقت داشته باشد». ◀◀ **۱۸۳۱**

یونْس بَرسلیوس: زبان شیمی

۱۸۱۴ جان دالتون انگلیسی (۱۸۰۸) را معمولاً به عنوان پدید آورنده و ارتقادهنده‌ی «نظریه‌ی اتمی» برای توضیح واکنش‌های شیمیایی می‌شناسند، اما وی تعداد زیادی یار و مددکار داشت. حمایت عمده از وی از جانب یونس بَرسلیوس، شیمیدان سوئدی، صورت گرفت. برسلیوس، که اصلاً پزشک و جراح بود، وقتی ناگزیر شد شیمی تدریس کند، کلاً به سوی این علم روی آورد. که در پی آن پیشه‌ی درازمدت و تأثیرگذار او قرار گرفت.

برسلیوس در حالی که مشغول نگارش کتابی درسی برای شاگردانش بود، قانون نسبت‌های ثابت (نیز شناخته شده به قانون پروست، ۱۸۰٤) را مجدداً کشف کرد. این کشف او را به تشکیل دادن جدول‌های «اوزان اتمی» (اوزان نسبی اتم‌های عناصر گوناگون)، بسی دقیق‌تر از آنچه که دالتون انجام داده بود، هدایت کرد. برسلیوس پی برد که اکثر اوزان اتمی کاملاً هم اعداد صحیح نیستند. این یافته ضربه‌ی جانکاهی بود که بر پیکر ایده‌ی جدید فرود می‌آمد، و منشأ آن ویلیام پروست شیمیدان انگلیسی بود، که به نظر وی اتم تمامی عناصر از اتم‌های هیدروژن، سبک‌ترین و ساده‌ترین عنصر، درست می‌شوند.

این ایده گیرایی و جذبه‌ی زیادی داشت. خواست و آرزویی مشترک را، به دیرینگی یونانیان باستان، برای فرو کاستن تمامی ماده به یک جزء سازنده‌ی بنیادی، و از این رو افزایش نظم و تقارن در جهان طبیعی، منعکس می‌کرد. خوشبختانه این ایده با واقعیت‌ها تطبیق نیافت. همان گونه که برسلیوس موشکاف پی برد، وزن یک اتم اکسیژن ١٦ برابر وزن اتم هیدروژن نبود، بلکه ۱۵/۹ برابر آن وزن داشت. یک اتم اکسیژنی که از ١٦ اتم هیدروژن ساخته شده باشد ممکن و شدنی است؛ اما اگر یک اتم اکسیژن از ۱۵/۹ اتم هیدروژن ساخته شده باشد، امری ناممکن بود. از قضای روزگار، همین‌که به ساختار حقیقی اتم‌ها پی بردیم (**۱۹۱۹**)، گمانه‌زنی پروست نزدیک به حقیقت از آب درآمد.

> *به ندرت پیش آمده که چنان شادکامی خالص و ژرفی را مانند وقتی تجربه کرده باشم که آن چوب‌دستی آتشین بر آزمایشگاه بی پنجره‌ی من پرتو افکند و آن فضا را با درخششی نامتعارف روشن و نورانی کرد.*
>
> برسلیوس (وقتی نخستین بار در یک تجربه‌ی آزمایشگاهی اکسیژن را جمع‌آوری کرد)

برسلیوس زبان جدیدی برای علم شیمی را نیز تدارک دید، که راهی بود برای باز نمودن عناصر و ترکیب‌ها در «معادلات» شیمیایی که توضیح می‌داد چگونه بین آن‌ها برهم‌کنش برقرار می‌شود. آنتوان لاووازیه و کلود برتوله نشان داده بودند که چگونه می‌توان این کار را به کمک کلمات انجام داد (۱۷۸۷)؛ اکنون برسلیوس بود که نمادها را طراحی و ابداع کرد. این نمادها به سرعت جایگزین سامانه‌ای خام‌دست‌تر و ناشیانه‌تر شدند که دالتون ابداع کرد و خیلی هم مایه‌ی عذاب و زحمت دالتون بود، و این نمادها با کم‌ترین تغییراتی تا امروز هم کماکان باقی‌اند.

برسلیوس یک یا دو حرف را، معمولاً حرف اول نام عنصر به انگلیسی یا لاتین، را برگزید، تا یک اتم عنصر را با آن باز بنماید؛ H برای هیدروژن، O برای اکسیژن، N برای نیتروژن، C برای کربن، S برای گوگرد، Fe برای آهن، Au برای طلا و الی آخر. این عناصر را در یک ترکیب با حروف و اعدادی نشان می‌دادند: H_2O حاکی از آن است که یک مولکول آب حاوی دو اتم هیدروژن و یک اتم اکسیژن است؛ H_2SO_4 بر این دلالت می‌کند که دو اتم هیدروژن، یک اتم گوگرد و چهار اتم اکسیژن یک مولکول سولفوریک اسید را می‌سازند.

این کلمات شیمیایی می‌توانند جمله‌هایی را تشکیل دهند که شرکت‌کنندگان در واکنش‌های شیمیایی و پیامدها و نتایج آن‌ها دقیقاً بیان می‌کنند.

مثلاً، $FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S$ راه و رسم دقیق و فشرده‌ی بیان این معناست که حاصل واکنش سولفید آهن با سولفوریک اسید عبارت است از سولفات آهن و هیدروژن سولفید، که «گاز تخم مرغ گندیده» هم به آن می‌گویند.

یوزف فراونهوفر: پیام پنهان در نور

۱۸۱۴ طیف‌نمایی تقریباً به معنای «دیدن رنگ‌های (نور)» است، و ابزاری توانمند برای علم امروز به‌شمار می‌آید. خاستگاه آن، مثل خیلی چیزهای دیگر، با نام آیزاک نیوتون عجین است. در سال **۱۶۷۲** وی طی گزارشی بیان داشته بود که عبور نور خورشید (آفتاب) از یک منشور شیشه‌ای موجب تجزیه‌ی آن و تشکیل طیف پیوسته‌ی رنگ ها ــ رنگ‌های رنگین کمان از سرخ تا بنفش، می‌شود.

حدود یکصد سال بعد، در سال ۱۷۵۱، توماس ملویل انگلیسی بار دیگر منشوری را به کار گرفت، اما این بار برای نگاه کردن به نوری که از شعله‌ای گسیل می‌شد که در داخل آن بلورهایی از یک نمک می‌پاشیدند. وی رنگ‌هایی را مشاهده کرد اما نه

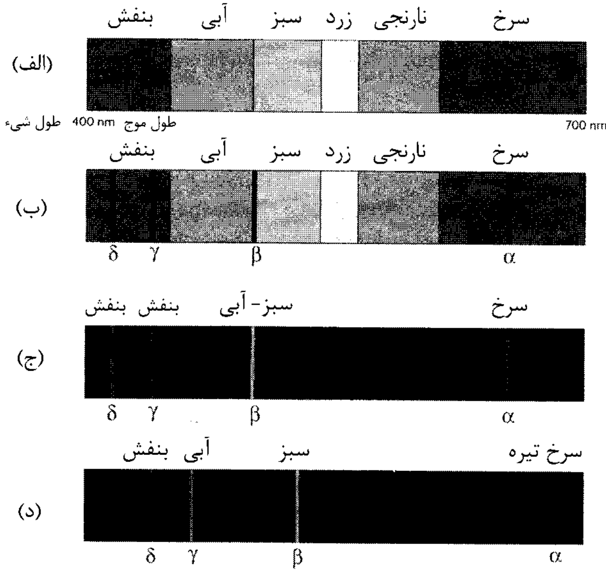
رنگ‌هایی با پراکندگی پیوسته. در یک زمینه‌ی سیاه فقط چند خط روشن درخشانِ رنگ خالص نمودار شد؛ وی پی برد که رنگ‌های در معرض دید به این بستگی دارند که چه نمکی در شعله پاشیده شود.

در حدود سال ۱۸۰۲ ویلیام وولاستن انگلیسی به تکرار آزمایش‌های نیوتون، اما با تجهیزات پیشرفته‌تر و بهتر، پرداخت. وی پراکندگی پیوسته‌ی رنگ‌ها در طیف نور خورشید را مشاهده کرد، اما چیزهای دیگری را هم دید. زمینه‌ی رنگ‌ها را چندین خط سیاه نازک قطع می‌کردند، که به نظر می‌رسید همواره در یک مکان طیف واقع‌اند، گویی برخی رنگ‌های خیلی خاص حذف شده باشند. وولاستن با یافته‌هایش کار چندانی انجام نداد، و ارتباطی هم با آنچه که ملویل یافته بود مشاهده نکرد، حتی اگر هم از آن یافته‌ها اطلاعی می‌داشت.

در حدود سال ۱۸۱٤ یوزف فرانهوفر، آلمانیِ منظم و روش‌مند، دست به کار شد. فرانهوفر ابزار و آلات اپتیکی (نوری) می‌ساخت، و در آغاز نور خورشید را به رنگ‌های آن تجزیه می‌کرد تا کارآمدی منشورها را اثبات کند. وی به دقت خطوط سیاه را در طیف نور خورشید روی نمودار مشخص و ترسیم کرد، که تعداد آن به بیشتر از ۵۰۰ رسید و به زودی آن را «خطوط فراونهوفر» نامیدند.

در حدود سال ۱۸۲۱ وی توری پراش را برای سرعت بخشیدن به کارش اختراع کرد. این وسیله محصول و فرزند آزمایش «دو شکاف» توماس یانگ بود که گزارش آن در سال **۱۸۰۱** انتشار یافته بود. یانگ نشان داده بود که عبور نور از دو شکاف سبب تجزیه‌ی آن به چند رنگ می‌شود. فراونهوفر با عبور دادن نور از صدها خط موازی که از طریق خراش دادن سطح یک قطعه شیشه به وجود آورده و چیزی را چون متجاوز از صدها شکاف درست کرده بود، این اثر (شکاف یانگ) را چند برابر کرد. وی همچنین پی برد که هرچه این خراش‌ها به هم نزدیک‌تر باشند، رنگ‌های بیشتری پخش و گسترده می‌شوند و وی با دقت بیشتری می‌توانست آن‌ها را بسنجد.

خطوط روشنی را که ملویل دیده بود نیز می‌شد به کمک این توری‌ها مطالعه و بررسی کرد. چندی نگذشت که «طیف‌های گسیلی» تعداد زیادی گاز داغ و مواد جامد تبخیر شده شناخته شد، و پژوهشگران حدس جان هرشل انگلیسی را که در حدود سال ۱۸۲۳ ابراز شد و حاکی بود از این‌که طیف‌ها را می‌توان در حکم «اثر انگشت» برای شناسایی عناصر موجود در یک نمونه به کار برد، غنیمت شمردند. هرشل، به عنوان ستاره‌شناس باید از این روند تحقیقات بسی شاد شده باشد (**۱۸٦۸ لاکیر و یانسن**).



*(**الف**) وقتی نور سفید از یک منشور یا توری پراش عبور می‌کند، رنگ‌های سازنده‌ی آن از یکدیگر جدا می‌شوند و به صورت طیفی آشنا یا «رنگین کمان»، از بنفش تا سرخ، در می‌آیند.*
*(**ب**) اگر نور سفید ابتدا از گاز هیدروژن عبور داده شود، همه‌ی این رنگ‌ها ظاهر نمی‌شوند. نورها یا «خطوط» تاریک باریکی در زمینه‌ی طیف ظاهر می‌شوند، گویی آن رنگ‌ها حذف شده‌اند. این پدیده را «طیف جذبی» می‌گویند. در این شکل چهار تا از این خطوط قابل مشاهده‌اند که آن‌ها را با δ، γ، β و α نشان داده‌ایم.*
*(**ج**) اگر هیدروژن را چندان گرم کنند تا به التهاب درآید و در اتاق تاریک بدرخشد، قسمت اعظم «طیف گسیلی یا نشری» آن سیاه است. اما چهار خط روشن ــ یکی سرخ، یکی آبی-سبز و دو بنفش ــ در همان مکان‌های خطوط تاریک در طیف جذبی، ظاهر می‌شود. این الگو و نقش خطوط مشخصه‌ی هیدروژن است و می‌توان برای بازشناسی و تعیین هویت آن به کار برده شود.*
*در سال **۱۹۱۳** نیلس بور چگونگی ایجاد این خطوط را توضیح داد.*
*(**د**) این طیف اثر «انتقال به سرخ»[۱] (**۱۹۱۲**) را نشان می‌دهد. اگر چشمه‌ی نور هیدروژن (مثلاً، یک ستاره) در حال دور شدن باشد، خطوط متمایز و مشخصه به سوی انتهای سرخ طیف منتقل می‌شوند. α قرمز تیره‌تر، β به جای آبی-سبز به سبز تبدیل می‌شود، γ هم به سوی آبی می‌رود. مقدار انتقال به سرخ معیاری از سرعت جسمی است که دارد دور می‌شود.*

۱. red shift. اثر هابل هم گفته می‌شود.

ژان لامارک: پشت صحنه

۱۸۱۵ ژان لامارک فرانسوی، دست‌کم تا آنجا که به تکامل مربوط می‌شود (**۱۸۰۹**)، به «مردی که اشتباه کرد» مشهور است، در حالی که در این حوزه چارلز داروین «راه صحیح و درست را پیمود» (**۱۸۵۹**). اما مانند اکثر دانشمندان، حتی شناخته‌ترین ایده‌هایش تنها جزئی از این مرد به‌شمار می‌آمدند. یکی از میراث‌های دیرپای او اصطلاح «زیست‌شناسی» به عنوان اصطلاحی فراگیر برای تمامی مطالعات گوناگون جداگانه‌ی مربوط به موجودات زنده (گیاه‌شناسی، جانورشناسی، کالبدشناسی و جز آن‌ها)، است. لامارک این کلمه را ابداع نکرد، اما آن را چنان به کار برد که همگان آن را متعلق به او می‌دانند و دنیای علم هم این را پذیرفت.

هرچند که لامارک دیرهنگام و پس از مدتی تدریس در یک مدرسه‌ی مذهبی، خدمت در ارتش، کار بانکداری و داروسازی به جهان علم پای نهاد، اما در تحقیقاتش در حوزه‌ی گیاه‌شناسی و سایر مباحث بسی سخت‌کوش و کارآمد بود. هر چند که وجهه و اعتبارش بعداً رنگ باخت، اما در فرهنگستان علوم فرانسه فقط در ۳٤ سالگی و تحت حمایت کنت دوبوفون سرشناس (**۱۷۴۹**) جایگاه مستحکمی یافت؛ کنت بوفون در امر انتشار نخستین کتابش، *گل‌های فرانسه*، به او کمک‌های شایانی کرد.

لامارک در سال ۱۷۹۳ نقش عمده‌ای در بازسازماندهی باغ‌های گیاه‌شناسی سلطنتی در موزه‌ی تاریخ طبیعی بازی کرد. مسئولیت گردآوری حشرات و کرم‌ها را به او سپردند که مقام چندان معتبر و آبرومندی نبود. اشخاص بلندمرتبه، مانند کارل لینه (**۱۷۵۳**)، برای این موجودات ارزش مطالعه قائل نبودند. لامارک با توجه به این‌که تقریباً هیچ چیزی در اختیار نداشت که کار مطالعاتی خود را با آن آغاز کند، به کارشناس و متخصص «بی‌مهرگان» تبدیل شد، که این اصطلاح را هم خودش ابداع کرد. وی مجموعه‌های عظیم اما آشوبناک نمونه‌ها را باز شناخت و دستگاه‌هایی را برای رده‌بندی آن‌ها تأسیس کرد که هنوز هم تا امروز پا برجا و معتبرند.

لامارک در کتاب عظیم‌اش در باب بی‌مهرگان که در سال ۱۸۱۵ انتشار یافت، گروه‌های عمده را جدا کرد، بین حشرات شش پا و تننده‌های هشت پا (مانند عنکبوت‌ها)، سخت‌پوستان (مانند خرچنگ‌ها و شاه‌میگوها) و حلقویان (مثل کرم‌های بندبند) تمیز قائل شد. وی به سرعت پی برد که بسیاری از بی‌مهرگان فقط جزئی اختلافی با یکدیگر دارند و همین امر وی را به تدوین نظریه‌اش مبنی بر «وراثت مشخصه‌های اکتسابی» برای توضیح علت این اختلاف‌ها، هدایت کرد.

لامارک از خانواده‌ای در سطوح پایین اشرافیت برخاسته بود (لقب شوالیه‌ای

داشت) اما همواره به تنازع درباره‌ی به رسمیت شناخته شدن مرتبه‌ی اجتماعی و کسب امنیت مالی مشغول بود. حیاتش در فقر، گمنامی و نابینایی، در ٦٥ سالگی، به پایان رسید. دست‌کم سه بار ازدواج کرد و دو دختر فداکارش از وی مواظبت می‌کردند. او را پس از مرگ به مدت پنج سال در یک قبر اجاره‌ای (موقت) قرار دادند و اکنون دیگر آثارش مفقود شده و آرامگاهش معلوم نیست.

پی‌یر پلتیه و ژوزف کووِنو: تا دلت بخواهد الکالوئیدهای فراوان

۱۸۱۸ داروهای گیاهی چیز جدیدی نیستند. هر فرهنگی از عصاره‌های گیاهان گوناگون برای پیشگیری، تسکین و حتی درمان بیماری‌ها بهره برده است. بعضی از آن‌ها تأثیر بهتری داشته‌اند، شاید به این علت که ماده یا چیزی که در آن‌ها بوده قوی‌تر یا مناسب‌تر برای وضع و حالت مورد نظر بوده‌اند. مصرف بهتر چنین داروهایی به اطلاعات بیشتر در خصوص اجزای «فعال و مؤثر» آن‌ها بستگی دارد (**ویدرینگ ۱۷۸۵**). این دو داروساز فرانسوی که در پستوی یک فروشگاه در پاریس کار می‌کردند به شیوه‌ای روش‌مند به این مسئله پرداختند. پی‌یر پلتیه و ژوزف کوونو تصور می‌کردند که اجزای مؤثر در بسیاری از گیاهان دارویی در دسته‌ای از مواد شیمیایی به نام «الکالوئیدها» قرار می‌گیرند. این گیاهان غالباً طعمی تلخ دارند، در آب محلول و اندکی قلیایی‌اند، به طوری که اندکی اسید رقیق آن‌ها را به نمک‌هایی تبدیل می‌کند که می‌توانند بلورین و خالص شوند. سرنخ این گیاهان را یک داروساز قدیمی، فردریک سرتورنر، به دست داد که در آن سوی مرزهای قلمروی می‌زیست که فرانسه‌ی تحت حاکمیت ناپلئون آن را تسخیر کرده بود. در حدود سال ۱۹۰۵، سرتورنر آن چیزی را یافته بود که به تریاک (افیون) خواص خواب‌آورش را می‌بخشد که از دیرباز آن را می‌شناختند. این ماده یک الکالوئید به نام «مورفین» (برگرفته از مورفئوس[1]، الهه‌ی باستانی خواب) بود.

در همین مسیر، پلتیه و کوونو رشته‌ای از الکالوئیدها را از گیاهان استخراج کردند. این الکالوئیدها عبارت بودند از کافئین، اِمتین برگرفته از گیاه قی‌آور اپیکا (عرق‌الذهب)، استریکنین سنتی و، مهم‌تر و اساسی‌تر از همه، گنه گنه (کنین)، ضد مالاریا و ضد تب که در پوست درخت گنه گنه‌ی بومی آمریکای جنوبی یافت می‌شد. گنه گنه در نواحی دستخوش بیماری مالاریا چندان اهمیت داشت که آن را «پوست

1. Morpheus

مسیح» نامیدند. یافتن و پالایش دادن این مواد شیمیایی به این معنا بود که آن‌ها را می‌شد دقیق‌تر و کارآمدتر سروسامان داد، و گرچه مدت‌های طولانی وقت لازم بود، سرانجام آن‌ها را به صورت سنتزی تولید کردند.

این دو نفر از طریق سوزاندن محتاطانه‌ی الکالوئیدها و گردآوری تمامی فراورده‌های این سوزاندن، پی بردند که الکالوئیدها حاوی نیتروژن‌اند، و بنابراین به نحوی بین آن‌ها و پروتئین‌ها ارتباط برقرار است. امروزه حدود ۲۰۰۰ نوع الکالوئید مختلف را شناخته‌اند. این الکالوئیدها شامل مسکن‌های دردی چون کدئین؛ داروهای مفیدی از لحاظ پزشکی چون استروپین، که برای گشاد کردن مردمک چشم مصرف می‌شود؛ مواد شیمیایی روانگردانی چون هروئین و اِل اس دی[1]، که این یکی در ابتدا از قارچی بر روی گندم استخراج شد.

پلتیه و کوونو با بهره‌گیری از همین روش‌ها برخی مواد شیمیایی با پایه‌ی گیاهی را یافتند که الکالوئید نبودند. مهم‌ترین آن‌ها کلروفیل بود، رنگدانه‌ی سبزی که به نظر می‌رسید در جذب نور و رها کردن اکسیژن در گیاهان دخیل است (**۱۷۷۹**). آنان این نام را در آن موقع از واژه‌ای یونانی به معنای «برگ سبز» برگرفتند.

آگوستین فرنل: نور در تاریکی

۱۸۱۹ در سال ۱۸۱۹ فرهنگستان علوم فرانسه جایزه‌ای برای بهترین توضیح پراش نور تعیین کرد؛ این رفتار عجیب نور ظاهراً به جای این‌که به خط مستقیم مسیر خود را بپیماید، آن را از گوشه‌ها و نبش‌ها ظاهر و نمایان می‌کند. این پدیده خیلی پیش از آن (**١٦٦٥**) برای نخستین بار مشاهده شده بود و کریستین هویگنس (**١٦٩٠**) و دیگران برای آن توضیحی ارائه داده بودند، که توضیح آن‌ها بر این فرض استوار بود که نور شکلی از حرکت موجی است. اکنون زمان آن فرا رسیده بود که جزئیات آن با بهره‌گیری از ریاضیات به دقت تعیین شود، تا پیش‌بینی کنند که نقاط مختلف روشن یا تاریک چگونه در پشت یک شیء کدر و مات تشکیل می‌شوند.

در میان شرکت‌کنندگان در رقابت برای دریافت آن جایزه آگوستین فرنل ۳۱ ساله هم بود. وی قبلاً مهندسی در خدمت دولت بوده و از چندی پیش از آن به مطالعه‌ی خواص گوناگون نور، مانند قطبش، که هم‌وطنش اتیین مالو (**۱۸۰۸**) آن را تشریح کرد، مشغول شده بود. تجزیه و تحلیل وی به چیزی کاملاً نامنتظره انجامید. اگر

1. LSD (LySergie acid Diethylamide)

قرصی دایره‌ای سایه‌ای را می‌اندازد، نقطه‌ی مرکزی آن سایه، جایی که انتظار دارید تاریکی بسی عمیق باشد، به وسیله‌ی یک نقطه‌ی روشن و درخشان مشخص می‌شد. به نظر می‌رسید امری نامعقول و بی‌معنی اتفاق افتاده، همانقدر که فرض توماس یانگ (۱۸۰۱) مبنی بر این‌که پرتوهای نور می‌توانند بر یک نقطه فرود آیند تاریکی ایجاد کنند، نامعقول و دیوانگی به نظر می‌رسید.

این ادعا پس از کوتاه زمانی آزمایش شد. حرف‌های فرنل درست از کار درآمد و وی جایزه را از آن خود کرد. وی حامیانی هم برای نظریه‌ی موجی نور به دست آورد، که اکثر دانشمندان فرانسوی آن را به نفع «نظریه‌ی ذره‌ای» که نور را جریانی از ذرات تلقی می‌کرد، رد کرده بودند. وی بعداً به عضویت فرهنگستان علوم فرانسه درآمد و نشان رامفورد را از انجمن سلطنتی لندن، در سن سی و نه سالگی، در بستر مرگ، دریافت کرد.

فرنل در تاریخچه‌ی فانوس‌های دریایی هم از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. وی به عنوان دبیر کمیسیون فانوس دریایی فرانسه خدمت کرد تا این‌که به دلیل بیماری ناگزیر به کناره‌گیری شد. اما «عدسی فرنل» او در فانوس‌های دریایی در فرانسه و ایالات متحده‌ی آمریکا بسیار به کار گرفته شد. عدسی فرنل یک شیء زیباست، به همان کارآمدی عدسی متعارف در فرستادن باریکه‌ی نور نجات‌بخشی از نور ضعیف فانوس‌هایی که آن زمان با روغن نهنگ روشن می‌شدند. اما ساختن عدسی فرنل ارزان‌تر تمام می‌شود و برای بالا بردن تا نوک فانوس دریایی بسیار سبک‌تر است. علی‌الاصول این عدسی آرایه‌ای از منشورها برای خم و هدایت کردن نور است که چنان به نظر می‌رسد که گویی حلقه‌های شیشه‌ای را برش داده‌اند. برخی ذره‌بین‌های دستی امروزی بر همین اصل کار می‌کنند.

فردریک موس: آن کانی چقدر سخت است؟

۱۸۲۰ زمین‌شناسان در دشت و صحرا تلاش می‌کردند تا تعیین کنند کدام کانی خاصی که آن‌ها مشاهده‌اش می‌کردند، عمدتاً غیر از ظاهر کلی، مانند رنگ و درخشندگی، اطلاعات چندانی به آن‌ها ارائه نمی‌دهد. در پی کارهای رنه ژوست آئوئی (۱۷۸٤)، زمین‌شناسان توانستند از رَخ، شکل قطعه‌های یک کانی پس از خرد شدن با ضربه‌ی چکش، استفاده کنند. اما تجزیه‌ی شیمیایی برای پی بردن به این‌که چه عناصری در کانی وجود دارد، یعنی با استفاده از لوله‌ی دَمشی (۱۷۷۷) باید از آزمایش‌ها و کارهایی حاصل می‌شد که در آزمایشگاه انجام می‌دادند.

در حدود سال ۱۸۲۰، فردریک موس زمین‌شناس آلمانی، وسیله‌ای و تجهیزات دیگری ــ یعنی مقیاس «سختی» که هنوز هم نام وی را بر خود دارد ــ فراهم آورد. زیبایی این مقیاس آن بود که می‌شد برای تعیین کانی‌ها در صحرا از آن استفاده کرد.

مقیاس موس سختی کانی‌ها را از یک تا ده رده‌بندی می‌کند. یک کانی با سختی پنج هر چیزی را با سختی چهار و کم‌تر خراش می‌دهد اما خودش با چیزی به سختی شش و بالاتر خراشیده می‌شود. نمونه‌ی کانی‌های از تراز سختی یک طلق (سنگ صابونی) است، که چندان نرم است که به آسانی خرد می‌شود و به صورت «پودر تالک» درمی‌آید. سنگ گچ یا «گچ پاریس یا پلاستر پاریس» نمونه‌ی سختی ۲ است. کلسیت، یکی از بلورهای سنگ آهک، نمونه‌ی کانی با سختی سه است. فلدسپار، که به صورت بلورهای صورتی یا سفید در گرانیت یافت می‌شود، با سختی شش مشخص است؛ کوارتز (سیلیس)، جزء اصلی تشکیل‌دهنده‌ی ماسه و ماسه‌سنگ، دارای سختی هفت است.

در نزدیکی بالاترین نقطه‌ی تراز سختی کانی‌ها کوروندم (آلومینیم اکسید)، با سختی نُه قرار می‌گیرد. قطعه‌های این کانی، که از لحاظ شیمیایی به یاقوت یا یاقوت کبود شبیه است، به کاغذ سنباده چسبانده می‌شوند تا فلزات را جلا دهند. سخت‌ترین کانی، با سختی ده، الماس است. آزمون‌های جدید نشان داده‌اند که الماس از آلومینیم اکسید چهار بار، از کوارتز شانزده بار و از طلق ۱۵۰۰ بار سخت‌تر است.

هانس اُرستد: مغناطیس با الکتریسیته دیدار می‌کند

۱۸۲۰ از دان هانس ارستد دانمارکی معمولاً در مقام نخستین کسی یاد می‌کنند که رابطه‌ی بین الکتریسیته و مغناطیس را به روشنی نشان داد، که در هر دو حوزه از دیرباز (۱۶۰۰) مطالعاتی صورت گرفته. اما رابطه‌ی تنگاتنگ آن‌ها به ذهن کسی خطور نکرده بود. بعضی‌ها ادعا کرده بودند که یک تخلیه‌ی الکتریکی، مانند آذرخش، می‌تواند بر عقربه‌ی قطب‌نما تأثیر گذارد، یا حتی به یک قطعه آهن خاصیت مغناطیسی ببخشد، اما ظاهراً کسی در این مبحث به نحو روش‌مندی مطالعه نکرده بود.

مشاهدات و تأملات ارستد بسیار آسان و ساده بود. با بردن عقربه‌ی قطب‌نما به نزدیکی سیم حامل جریان الکتریکی، عقربه حرکت می‌کند، گویی سیم در این حالت به مثابه یک آهنربا عمل می‌کند. به مدت بیست سال، یعنی از زمان الساندر ولتا و باتری او (۱۷۹۶)، جریان مدام (پیوسته‌ی) الکتریکی در دسترس بود، بنا براین عجیب است که هیچ کس قبلاً این اثر را مشاهده نکرده بود. ممکن است حقوقدان و فیزیک‌پیشه‌ی

آماتور ایتالیایی، دومنیکو رومانیوسی، پیش‌تر در سال ۱۸۰۲ چیزی شبیه این یافته بوده است. این یافته صرفاً در روزنامه‌ی محلی او نوشته شده و ازاین رو به آسانی از نظرها پنهان ماند؛ اورستد استادی سرشناس و مورد عنایت و توجه مردم بود.

وقتی جریان جاری می‌شد، انحراف عقربه‌ی قطب‌نما نشان می‌داد که میدان مغناطیسی جدیدی به صورت دایره گرد سیم برقرار می‌شود. از اینجا حدس زدند که از این اثر می‌توان برای پیچیدن سیم حامل جریانی دور تا دور یک آهنربا، مانند نوعی موتور الکتریکی، استفاده کنند. مایکل فاراده در مؤسسه‌ی سلطنتی لندن این پدیده را در سال ۱۸۲۱ امتحان کرد. موتور او خیلی عملی نبود زیرا نیازمند سیمی بود که از داخل یک تشت جیوه کشیده شود، اما کار خود را انجام و این اثر را از خود بروز می‌داد. متأسفانه، فاراده نتایج این کارهایش را بدون سپاسگزاری و تقدیری شایسته از همکارانش منتشر کرد. جار و جنجال و سروصدایی که برخاست سبب شد که کار او در حوزه‌ی الکتریسیته و مغناطیس به مدت ۱۰ سال کناری نهاده و نادیده انگاشته شود (**۱۸۳۱**).

«آهنربای الکتریکی»، که باید پیچیدن چندین دور سیم به صورت یک پیچه ساخته می‌شد، بسیار مفیدتر بود، که عمدتاً قدرت و شدت میدان را چند برابر می‌کرد و به آن مانند آهنربای میله‌ای یک قطب شمال و جنوب می‌داد. عقربه‌ی قطب‌نمای آویخته در وسط چنین پیچه‌ای در پاسخ و واکنش به جریان‌های حتی خیلی کوچک و ضعیفی که از پیچه عبور می‌کنند، منحرف می‌شود. سرچشمه و سرآغاز «گالوانومتر»، نامیده به نام لوئیجی گالوانی (**۱۷۸۶**)، همین پدیده بود. در «تلگراف بی‌سیم» که اندک زمانی بعد اختراع شد، تکان‌ها و لرزه‌های عقربه نمایانگر پالس‌های جریانی را تشکیل دادند که مطابق با یک رمز گرد می‌آمدند، و امکان ارسال پیام‌ها را به فواصل صدها کیلومتری فراهم می‌آوردند.

آندره ماری آمپر، فیزیکدان فرانسوی، یک مرحله جلوتر رفت. اگر سیمی حامل جریان می‌توانست یک آهنربا را از راستای طبیعی خودش منحرف کند، آیا سیم حامل جریان دیگری را هم منحرف می‌کرد، که این سیم شبیه بود به یک آهنربای دیگر (یعنی آن هم نقش یک آهنربا را بازی می‌کرد)؟ وی در ظرف یک هفته پس از شنیدن مطالب مربوط به کشف ارستد، پاسخ خود را به این پرسش فراهم کرد. بسته به شیوه‌ی جاری شدن جریان‌های الکتریکی، دو سیم حامل جریان یکدیگر را جذب یا دفع می‌کردند، درست مانند دو آهنربای میله‌ای که یکدیگر را می‌ربایند یا می‌رانند. این یافته عملی شدن موتورهای الکتریکی را نوید داد، و خاستگاه الفت و آشنایی

همیشگی با آمپر هم به حساب آمد. نام وی، که معمولاً به صورت کوتاه "amp" نوشته می‌شود، به یکای جریان الکتریکی داده شده است.

بازگشت ستاره‌ی دنباله‌دار اِنکه[1]

۱۸۲۲ البته نام‌آورترین ستارگان دنباله‌دار همانا دنباله‌دار هالی است، که نام آن از ادموند هالی، ستاره‌شناس انگلیسی، برگرفته شده که در سال **۱۷۰۵** پیش‌بینی کرد این دنباله‌دار در سال ۱۷۵۹ باز خواهد گشت (و این گونه هم شد). بیشتر از یک قرن نگذشت که «ستاره‌ی دنباله‌دار دوره‌ای»[2] دیگری هم شناخته شد. دنباله‌دارهای دیگری، گاهی دنباله‌دارهایی تماشایی، مشاهده شدند. یوهان اِنکه، ستاره‌شناس با انضباط آلمانی، داده‌های گردآوری شده طی سالیان را کاوید تا نشان دهد که موارد ظهور ستارگان دنباله‌دار در سال‌های ۱۷۸٦، ۱۷۹۵، ۱۸۰٦ و ۱۸۱۸ مربوط به ستاره‌ی دنباله‌دار واحدی بوده است. وی بازگشت این ستاره را در سال ۱۸۲۲ نیز پیشگویی کرد؛ وی پاداش سخت‌کوشی و دقت خود را دریافت داشت. دنباله‌دار انکه هر سی‌واند سال یک بار برمی‌گردد. این دبناله‌دار مانند ستاره‌ی دنباله‌دار هالی تماشایی و جالب نیست، که تنها دنباله‌دار نورانی است که هر کسی احتمال دارد دو بار آن را در طول حیاتش مشاهده کند.

بعداً در همان قرن، جووانی اسکیا پارلی، ستاره‌شناس ایتالیایی (که در سال **۱۸۷۷** در خلال نزدیک‌تر شدن سیاره‌ی مریخ نامش هر چه بیشتر بر سر زبان‌ها افتاد) پی برد که ستاره‌ی دنباله‌دار در هر نوبت عبور کارت ویزیت‌اش را بر جای می‌گذارد، که آن عبارت است از تکه‌های کوچک سنگ و غباری که بر اثر گرمای خورشید به حالت جوش درآمده‌اند. یک یا دو بار در سال، که زمین از این دنباله‌ی واریزه‌ها عبور می‌کند، قسمتی از آن جامد می‌شود به سوی زمین کشیده می‌شود، و در جوّ زمین به صورت رگبار یا «شهاب» می‌سوزد. از این رو هر شهاب یا شهاب رگباری، که چند روزی دوام می‌آورد، یکی از بازمانده‌های یک ستاره‌ی دنباله‌دار خاص است.

گاهگاهی این رگبارها حاوی کلافه‌های بزرگی خواهند بود که مرحله‌ی عبور آتشین (بر اثر اصطکاک با جوّ زمین) را دوام می‌آورند و به صورت شهاب‌سنگ (شخانه یا سنگ آسمانی) به زمین می‌رسند. پذیرفتن این موضوع که شهاب‌سنگ‌ها می‌توانند خاستگاهی به دور از زمین و جوّ آن داشته باشند برای بسیاری از مردم

---

1. Encke

2. Periodic comet

دشوار است، بخصوص وقتی صدها شهاب‌سنگ یکباره فرو می‌بارد، مانند موردی که در سال ۱۸۰۳ در یک نقطه در خاک فرانسه اتفاق افتاد.

کشفی که شیمیدان سوئدی، برسلیوس، در سال ۱۸۳٤ به آن نایل آمد و بنا بر آن دست‌کم یک شهاب‌سنگ حاوی مواد شیمیایی بود که با موادی شیمیایی بسیار شبیه‌اند که در وجود موجودات زنده در زمین یافت می‌شوند، بسی شگفت‌انگیزتر بود. آیا در جای دیگری در کیهان می‌تواند حیات وجود داشته باشد؟ ذهن‌هایی خلاق و برخوردار از تخیلی نیرومند، مانند لرد کلوین، فیزیکدان انگلیسی (**۱۸٤٦**)، در این خصوص که امکان دارد حیات به واسطه‌ی «سنگی پوشیده از خزه که از کوهستان‌های جهانی دیگر به بیرون پرتاب شده» به زمین آورده شده است، به تفکر و تأمل پرداختند، که وی این معنی را در سال ۱۸۸۹ در برابر انجمن مدارک مسیحی بر زبان جاری کرد. این دیدگاه «پراکندگی هسته‌های حیات در سرتاسر جهان هستی» هرگز کشش و جذبه‌ی خود را از دست نداده است.

سادی کارنو: قدرت محرکه‌ی آتش

۱۸۲۴

سادی کارنو تبارنامه‌ای گسترده هم در مهندسی و هم در سیاست داشت. پدرش، لازار، از ۱۷۹۹ تا ۱۸۱۷ وزیر جنگ ناپلئون بود؛ وی از سمت خود کناره‌گیری کرد تا وقت و توانش را وقف تربیت دو پسرش کند. سادی کارنو هنوز دبیرستان را به پایان نرسانده بود که تحت فرماندهی ناپلئون برای دفاع از ونسان (در خارج از پاریس) به جنگ مهاجمان رفت. پدرش پس از سقوط ناپلئون تبعید و سادی کارنو هم به سمت مهندس در ارتش به کار مشغول شد. وی که از این کار ناراضی بود، در نیروهای ذخیره‌ی ارتش با نصف حقوق نام‌نویسی کرد و اوقات اضافی خود را صرف مطالعه و تحقیق کرد.

کارنو فردی عملگرا بود و به ماشین بخار ــ که مثل جاهای دیگر در فرانسه هم نیروی محرک انقلاب صنعتی به‌شمار می‌رفت ــ توجه و علاقه نشان می‌داد. وی می‌خواست بداند که از سوختی که این ماشین‌ها مصرف می‌کنند چگونه می‌توان کار مفیدتری دریافت کرد. در سال ۱۸۲٤ این مطالعات و پژوهش‌ها به انتشار کتابش *تأملاتی درباره‌ی قدرت محرکه‌ی آتش*[1] انجامید. وی مشاهده می‌کرد که بازده ماشین‌های بخار پیوسته بیشتر می‌شود، و کار مفیدتری (مثلاً، بالا کشیدن ذغال سنگ

1. *Reflections on the Motive Power of Fire*

از اعماق معدن) به ازای مقدار سوخت معینی که مصرف می‌کنند، انجام می‌دهند. آیا برای این پیشرفت حدی وجود داشت؟ آیا روزی خواهد رسید که کاری بیشتر از انرژی داده شده به این ماشین‌ها از آن‌ها استخراج و دریافت شود، به گونه‌ای که به حرکت دائمی برسیم؟

کارنو کار تحقیقاتی خود در این حوزه را با مفهوم گرما به عنوان ماده‌ای بی‌وزن به نام کالریک آغاز کرد. هر چند که بطلان مفهوم کالریک را کنت رامفورد در سال **۱۷۹۸** آشکار کرده بود، برخی دانشمندان از پی‌جویی این مطلب دست نکشیده بودند. کالریک نمی‌توانست به وجود آید و از بین برود، فقط از نقطه‌ای به نقطه‌ی دیگر منتقل می‌شد. در ماشین (یا موتور) بخار «ایده‌آل» کارنو، کالریک از یک نقطه‌ی داغ (دیگ بخار) و از طریق سیلندر که کالریک در آن رها می‌شد و کار مفید انجام می‌داد جاری می‌شد و به چگالنده‌ی سرد می‌رفت. بنابراین اتلاف انرژی اجتناب‌ناپذیر بود، و ما هرگز به حرکت دائم دست پیدا نمی‌کنیم. هرچه اختلاف دما بین نقطه‌ی آغاز و نقطه‌ی پایان را حتی‌الامکان بیشتر کنیم، بازده یا کارایی را به حداکثر نزدیک‌تر خواهیم کرد.

کارنو فکر می‌کرد ماشین‌اش «برگشت‌پذیر» است؛ انرژی می‌توانست در دمای پایین‌تری وارد شود تا به دمای بالاتر برسد. این کار دقیقاً مستلزم همان مقدار کار بود که موتوری انجام داده بود وقتی گرما را در «سراشیبی» از دست می‌داد. این ایده‌ها بعداً به صورت «قوانین ترمودینامیک»، یعنی علم کار و گرما، شکل و قالب مشخص به خود گرفتند. اما کارنو کم‌تر از ده سال پس از انتشار کتابش و پیش از این‌که بتواند در کارهایش به پیشرفت‌های بیشتری نایل آید، به بیماری وبا درگذشت. کار او تا سال ۱۸۵۰ از نظرها برکنار و نادیده ماند.

ولت، آمپر و اهم

۱۸۲۶ در دنیای جدید الکتریسیته، نام پیشگامان این حوزه به زودی جزئی از زبان و فرهنگ آن شد. نام آندره ماری آمپر فرانسوی (**۱۸۲۰ ارستد**) در قالب یکای جریان الکتریکی غالباً با کوته‌نوشت "amp" جاودانه شد. بنا بر تعریف، جریان یک آمپر یک کولن بار را در هر ثانیه جابه‌جا می‌کند، که کولن نیز به نام هم‌وطن قرن هجدهمی آمپر، شارل کولن، نامیده شده است؛ کولن قانون نیروهای بین بارهای الکتریکی را کشف کرده است (۱۷۸۵).

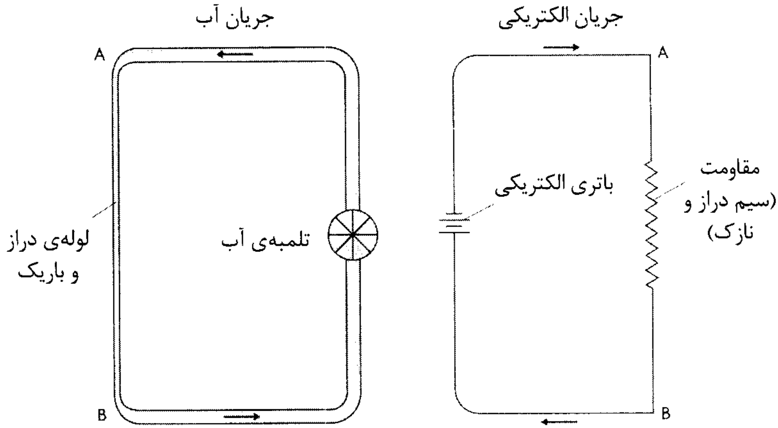
می‌توانیم جریان برق (الکتریسیته) را در یک سیم با جریان آب در یک لوله مقایسه کنیم. جریان الکتریکی (به صورت کولن بر ثانیه) با مقدار آبی (بر حسب لیتر) متناظر است که در هر ثانیه جاری می‌شود. دو چیز بر چگونگی مقدار آبی که جاری می‌شود ناظرند و آن را کنترل می‌کنند. یکی از آن‌ها فشار است. بنا بر تجربه، فشار بیشتر به معنای جریان یافتنِ آب بیشتر است (در صورتی که لوله نترکد). فشار الکتریکی را در حال حاضر معمولاً «ولتاژ» می‌نامند، هر چند که هنوز هم از کلماتی چون «اختلاف پتانسیل» یا «فشار» (بخصوص در ترکیب «فشار قوی») استفاده می‌کنند. واژه‌ی مناسب در این زمینه «ولت» است، که یادآور نام الساندرو ولتاست که نخستین جریان‌های دائم و پیوسته‌ی الکتریسیته را در سال **۱۷۹۶** با «باتری»اش برقرار کرد.

قوانین جریان‌های الکتریکی

قانون اهم: اگر V ولتاژ (اختلاف پتانسیل) بر حسب ولت در دو سر یک رسانا باشد، I شدت جریان بر حسب آمپر است که از آن رسانا عبور می‌کند؛ R عبارت است از مقاومت الکتریکی آن رسانا بر حسب اهم، در این صورت: $V = IR$

قانون ژول: اگر P آهنگ اتلاف انرژی (از طریق گرما، یا به صورت گرما) در رسانا بر حسب وات (ژول بر ثانیه) باشد، آنگاه $P = IV$. از این رابطه می‌رسیم به $P = I^2R$. به این ترتیب یک گرم‌کن ۲۴۰۰ واتی از یک مدار ۲۴۰ ولتی ۱۰ آمپر جریان می‌کشد و مقاومت آن ۲۴۰ اهم خواهد بود.

آن چیز دوم تأثیرگذار بر جریان آب عبارت است از مقاومت لوله. به طور کلی، هرچه لوله درازتر و باریک‌تر باشد آب کم‌تری در زمانی معین از آن می‌گذرد، زیرا لوله در برابر جاری شدن بیشتر آب مقاومت می‌ورزد. رفتار سیم‌های حامل جریان الکتریکی هم به همین ترتیب است. مقاومت الکتریکی را بر حسب اهم اندازه می‌گیرند. این یکا به نام گئورگ اهم آلمانی نامیده شده است. وی آزمایشگری دقیق و روش‌مند بود و در سال ۱۸۲۶ یکاهای گوناگون را در قانون مشهورش، به نام قانون اهم، بر پایه‌ی مشاهداتش، در یک‌جا جمع کرد.



در مدار سمت چپ، تلمبه‌ی آب اختلاف فشاری بین A و B برقرار می‌کند و آب را در لوله می‌راند. در سمت راست، یک باتری الکتریکی نیز همین کار را انجام می‌دهد؛ اختلاف فشار یا «ولتاژ» بین A و B جریان الکتریکی را در سیم جاری می‌کند. آهنگ جریان آب (بر حسب لیتر برثانیه) و جریان الکتریکی (بر حسب کولن بر ثانیه یا آمپر) هم به فشار و هم به «مقاومت» لوله یا سیم بستگی دارد. لوله‌های دراز و باریک و سیم‌های دراز و نازک نسبت به لوله‌های کوتاه و کلفت و سیم‌های کوتاه و ضخیم مقاومت بیشتری دارند. در هر یک از این حالت‌ها، جریان برابر است با فشار (اختلاف پتانسیل یا ولتاژ) تقسیم بر مقاومت. این بیان قانون اهم است.

از آنجا که هرچه فشار الکتریکی بیشتر شود جریان الکتریکی هم افزایش پیدا می‌کند، و هرچه مقاومت بیشتر شود جریان الکتریکی کم‌تری از سیم یا رسانا عبور می‌کند، اهم توانست پی ببرد که شدت جریان الکتریکی (با نماد I) برحسب آمپر با ولتاژ برقرار شده (با نماد V) بر حسب ولت تقسیم بر مقاومت (با نماد R) بر حسب اهم برابر است. بنا بر این رابطه می‌توان اهم را هم تعریف کرد: *هرگاه ولتاژی یک ولتی جریانی یک آمپری را در یک رسانا برقرار و جاری کند، مقاومت آن رسانا یک اهم است.* «اهم یا مقاومت» سیم‌های نازک و دراز نسبت به سیم‌های کوتاه و ضخیم بیشتر است.

در حالی که حرف‌های «V» و «a» برای کوته‌نوشت ولت و آمپر بهره می‌گیریم، نمادی که برای نمایش اهم برگزیدند حرفی از الفبای یونانی، Ω (ω) یا امگا، به دو علت این گزینش هم احتمالاً شباهت آوایی آن با اهم بوده است. آیا این امر یک

شوخی کوچک الکتریکی بوده است؟ قطعاً پیچیدگی موضوع بیشتر از آن بوده که دانشمندان رفتاری ملانقطی و فضل‌فروشانه از این دست را از خود بروز دهند. در الکتریسیته که می‌رفت به نحوی تأثیرگذار و کارآمد، در همه‌ی جنبه‌ها، زندگی و حیات ما را دگرگون کند، دقت در اندازه‌گیری و محاسبه نقش حیاتی بازی می‌کرد.

نخستین گفتگوها درباره‌ی «گلخانه‌ی جهانی»

۱۸۲۷ «گرمایش جهانی» و «اثر گلخانه‌ای» از مباحث داغ و پرشور قرن بیست و یکم به‌شمار می‌آیند، اما این مباحثه و مجادله تقریباً دویست سال پیش آغاز شد. شاید نخستین کسی که رأی و نظری را در این زمینه ابراز داشت ژوزف فوریه‌ی فرانسوی بود که در خلال انقلاب فرانسه چهار بار از اعدام با گیوتین جان سالم به در برد. وی درباره‌ی گرما کارهای زیادی کرده، و می‌دانست که سطح زمین، با توجه به مقدار انرژی‌ای که از خورشید به سیاره‌ی ما می‌رسد، گرم‌تر از آن میزانی است که باید باشد. در سال ۱۸۲۷ وی اظهار عقیده کرد که شاید جوّ زمین، تا حدودی مانند شیشه‌ی گلخانه، گرما را به دام می‌اندازد و زمین را برای آیش و در واقع برای ایجاد و بقای حیات به اندازه‌ی کافی گرم می‌کند. به این ترتیب بود که برای نخستین بار عبارت «اثر گلخانه‌ای» وارد زبان شد.

مولکول‌ها می‌توانند به راه‌های گوناگون گرما را به خود بگیرند (جذب کنند)؛ این کار را با حرکت سریع‌تر، با چرخش سریع‌تر و با ارتعاش بیشتر انجام می‌دهند. هرچه یک مولکول حاوی اتم‌های بیشتری باشد، به روش‌ها و راه‌های بیشتری می‌تواند حرکت کند و از این رو گرما جذب کند. هوایی که سیاره‌ی ما را در بر گرفته عمدتاً آمیزه‌ای است از اکسیژن و نیتروژن، که مولکول هر کدام فقط دارای دو اتم است؛ این مولکول‌ها در برابر تابش گرما تقریباً شفاف‌اند و امکان گذر آن را از سطح زمین و بازگشت‌اش به فضا را فراهم می‌آورند. به این ترتیب مقصران احتمالی در «اثر گلخانه‌ای» بخار آب، کربن دیوکسید و اکسیدهای گوناگون نیتروژن بودند، که مولکول هر یک از آن‌ها سه اتم داشت. این «گازهای گلخانه‌ای» (چنان‌که امروز آن‌ها را به این نام می‌خوانیم) نسبت به گرما تقریباً کدرند و آن را که تلاش می‌کند از جوّ زمین به فضا بگریزد به دام می‌اندازند، و به این ترتیب جوّ پایینی را گرم می‌کنند.

پس از فوریه، این مباحثه (در میان معدود کسانی که به آن علاقه داشتند) بر سر این موضوع ادامه یافت که کدام گاز در جوّ دارای بالاترین ظرفیت دام‌اندازی گرماست. جان تیندال دانشمند ایرلندی در مطالعه‌ی توانایی گازهای گوناگون در

به دام‌اندازی گرما بیشترین سهم را ایفا کرده است؛ در حدود سال ۱۸۶۳ وی دلایل خود را درباره‌ی بخار آب (به عنوان عامل عمده‌ی این دام‌اندازی) ارائه داد. به نظر وی «بدون تأثیر بخار آب، کره‌ی زمین در گیره‌ی آهنین یخبندان گرفتار خواهد بود».

نامزد احتمالی دیگر که از جانب دانشمندان معرفی شد، کربن دیوکسید بود. بعداً، این گاز به قهرمان داستان تبدیل شد (**۱۸۹۵**).

رابرت براون: گیاه‌شناسی که اتم‌ها را می‌یابد

۱۸۲۷

وقتی متیو فیندرز دریانورد با کشتی خود به نام *اینوستیگیتور*[1] در سال ۱۸۰۱ رهسپار نقشه‌برداری از کرانه‌ی قاره‌ای شد که بعدها استرالیا نام گرفت، از جمله‌ی اعضای هیئت اعزامی علمی‌اش یکی هم رابرت براون، زیست‌شناس اسکاتلندی‌تبار بود. براون در استرالیا ماند تا نمونه گردآوری کند و وقتی به بریتانیا بازگشت در باغ‌های گیاه‌شناسی سلطنتی واقع در کیو دستیار ژوزف بانکس (**۱۷۷۸**) شد. پس از مرگ بانکس در سال ۱۸۲۰، «موزه‌ی گیاهان خشک» عظیم او که از گیاهان تحت فشار درست شده بود به موزه‌ی بریتانیا اهدا شد؛ براون نخستین مسئول نگهداری این مجموعه‌ی گیاهی شد. وی نخستین کسی هم بود که به جزء مرکزی کوچک یاخته‌ی گیاه نظری کلی انداخت و آن را «هستک» نامید که این خود حکایت دیگری است (**۱۸۳۸**).

این‌ها همه به اندازه‌ی کافی تأثیرگذار و چشمگیرند، اما علت ماندگاری نام براون تا به امروز به‌شمار نمی‌آیند. در سال ۱۸۲۷ براون داشت با میکروسکوپ خود به دانه‌های گرده در آب نگاه می‌کرد. به جای آن‌که این دانه‌ها مطابق انتظار در آب شناور باشند، بسیار اندک اما به سرعت به جلو و عقب حرکت می‌کردند. اندیشیدن به دانه‌های گرده‌ای که «زنده» به نظر می‌رسیدند (به علت حرکتشان) بسیار هیجان‌انگیز می‌بود. این رفتار عجیب را هنوز هم به عنوان «حرکت براونی» می‌شناسند و به مدت هفتاد سال همچنان به صورت معما باقی ماند.

معمولاً اعتبار پاسخ به این معما به اینشتین تعلق می‌گیرد که در سال **۱۹۰۵** آن را گشود، اما دیگرانی هم بودند که درباره‌ی آن حدس‌هایی زده و حتی محاسبات ریاضی برای آن نیز انجام داده بودند. آنان پی بردند که براون گیاه‌شناس آن چیزی را فراهم آورده که فیزیکدانان چندین دهه در جستجویش بودند، و شواهد و مدارکی واقعی

---

1. *Investigator* (جستجوگر)

دال بر وجود اتم‌ها و مولکول‌ها به‌شمار می‌آمدند. البته «نظریه‌ی اتمی» بیش از ۲۰۰ سال پیشینه داشت (**۱۶۲۴**)، و برای توضیح تمامی انواع چیزها در فیزیک (**۱۶۵۹**) و شیمی (**۱۸۰۸**) فوق‌العاده مفید بوده است. اما مانند موردی که در امر حرکت زمین برای گالیله پیش آمد (**۱۶۳۳**)، هیچ دلیل و گواهی واقعی وجود نداشت که اثبات کند اتم‌ها وجود دارند. اکنون این شاهد و گواه پیدا شده و رخ نموده بود. بهترین توضیح برای حرکت و تکان ذرات گرده و غبار این بود که آن‌ها تحت تأثیر ضربه‌های ثابتِ ذرات ریز (مولکول‌های) آبِ متحرک قرار داشتند، مستقل از این‌که محرک‌های کوچک یکدیگر را خنثی می‌کنند اما همین‌که این محرک‌ها بروز می‌کنند می‌توان نگاهی اجمالی به آن‌ها انداخت.

شاید هنوز هم در قلمرو فرضیه بودیم؛ ذرات چنان به پس و پیش حرکت می‌کردند که «گویی» اتم‌ها به آن‌ها ضربه می‌نواختند. شاید برای این حرکت ذرات گرده توضیح دیگری وجود داشت، اما به نظر می‌رسید که اتم‌ها بهترین گزینه به‌شمار می‌آیند؛ در اینجا چیزی وجود داشت که می‌توانستید آن را ببینید، و نه این‌که صرفاً اندازه‌گیری‌اش کنید.

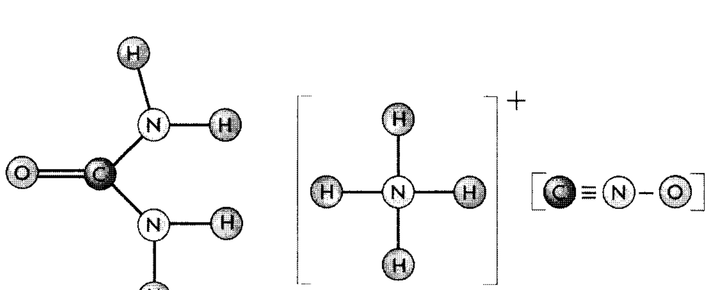
فریدریش وولر: زنده و غیر زنده (جاندار و بی‌جان)

۱۸۲۸ به مرور زمان، مرز بین زنده و غیر زنده، که زمانی بسیار شفاف و روشن تصور می‌شد، به نحو فزاینده‌ای به ابهام و تیرگی گرایید. مثلاً، آزمایش‌ها نشان داده بودند که هم شمع روشن و هم جانوری تنفس‌کننده اکسیژن مصرف و کربن دیوکسید تولید می‌کنند. به نظر می‌رسید که احتراق و تنفس عملاً یک چیزند و پدیده‌ی واحدی به نظر می‌رسند. به نظر می‌رسید که الکتریسیته‌ی آذرخش اساساً شبیه و مانند است با الکتریسیته‌ای که مارماهی برقی رها می‌کند یا الکتریسیته‌ای که لوئیجی گالوانی (۱۷۸۶) برای به حرکت درآوردن عضلات نشان داد. با همه‌ی این احوال برخی پژوهشگران کماکان اظهار می‌داشتند که، مستقل از این‌که قوانین فیزیک و شیمی چه حکم کنند، چیزهای زنده هنوز هم دارای چیزی خاص، یعنی «نیرویی حیاتی»، هستند که فراتر از شناسایی و مطالعه قرار می‌گیرد.

کشفی هیجان‌انگیز به دست فردریش وولر ضربه‌ی هولناکی بر پیکر «حیات‌باوران» نواخت. وولر، آلمانی جوان بلندپروازی در مسیر پژوهش برای یافتن بهترین شیوه‌ی آموزش شیمی در زمان خودش، به سوئد رفت تا با یونس برسلیوس (۱۸۱۴) نامبردار کار کند و از آن پس در خلال تقریباً پنجاه سال آموزش شیمی در کوتینگن، پس از

بازگشت به آلمان، تماس نزدیک خود را با برسلیوس حفظ کرد. در سال ۱۸۲۸ وولر تلاش می‌کرد ترکیب شیمیایی آمونیم سیانات را بسازد. وی سیانات نقره را با آمونیم کلرید مخلوط کرد و در پایان بلورهای شفافی را به دست آورد. اما، رفتار خواص این بلورها شباهتی به آمونیم سیانات نداشت؛ از یک سو وقتی اسید روی آن‌ها می‌ریخت کف نمی‌کردند و گاز کربن دیوکسید هم رها نمی‌کردند. در واقع، آن‌ها رفتاری شبیه به بلورهای اوره داشتند و مانند آن‌ها هم به نظر می‌رسیدند؛ اوره ماده‌ای شیمیایی است که از جانوران تولید می‌شود، و آن را در ادرارشان به عنوان فضولات دفع می‌کنند، که به این موضوع یکصد سال پیش هرمان بورهاوه پی برده بود (**۱۷۲٤**).

وولر یک گام به پیش برداشت و ترکیبی را که به دست آورده بود تجزیه کرد و دریافت که این ترکیب دارای ترکیب‌بندی اوره است؛ هر مولکول آن یک اتم کربن، یک اتم اکسیژن، دو اتم نیتروژن و چهار اتم هیدروژن دارد. اما آمونیم سیانات هم دارای همین ترکیب‌بندی بود. ترکیب‌بندی این دو ترکیب شیمیایی مشابه بود، هرچند رفتار آن‌ها بسیار با هم تفاوت داشت. یکی از موجودات زنده به دست می‌آمد (تولید می‌شد)، دیگری از مواد شیمیایی بی‌جان و فاقد حیات. به نظر می‌رسید که برای هرگونه «روح یا جان حیاتی» جایی وجود ندارد.



مولکول‌های دو ترکیب شیمیایی اوره و آمونیم سیانات حاوی اتم‌های مشابهی‌اند (چهار اتم هیدروژن، دو اتم نیتروژن، یک اتم کربن و یک اتم اکسیژن)، اما این اتم‌ها به صورت متفاوتی آرایش یافته و با هم پیوند برقرار کرده‌اند.

*در اوره، بین تمام اتم‌ها از طریق پیوندهای «کووالانسی» رابطه برقرار شده است (**۱۹۲۸**). آمونیم سیانات در دو جزء («یون») از طریق ربایش الکتریکی کنار یکدیگر نگه داشته شده‌اند اما اگر حل یا ذوب شود، این اجزا می‌توانند از هم جدا شوند. این سامان متفاوت به این دو ماده‌ی شیمیایی خواص بسیار متفاوتی می‌بخشد.*

وولر نتوانست هیجان خود را پنهان دارد. موضوع را برای استادش برسلیوس نوشت. «دیگر، به اصطلاح، نمی‌توانم آب شیمیایی خودم را برای آزمایش نگه دارم. باید بگویم که بدون نیاز به کلیه، چه انسان چه سگ، اوره تهیه کرده‌ام. آمونیم سیانات اوره است!» برسلیوس گرایش کم رنگی به حیات‌گرایی داشت و احتمالاً از این شور و اشتیاق دانشجوی سابقش به این مبحث آزرده و خشمگین شده بود. اگر خودش هم هیجان‌زده شد، آن را نشان نداد، شاید به این علت که از قبل پاسخ این مسئله‌ی کلیدی را می‌دانست. چگونه دو ترکیب ظاهراً متفاوت ترکیب‌بندی مشابهی داشتند؟ پاسخ در «ساختار» ماده نهفته بود (**۱۸۴۸ برسلیوس**).

یوهان دوبراینر: تنظیم عناصر

۱۸۲۹

با گذر سالیان قرن نوزدهم، تعداد عناصر شیمیایی شناخته شده به نحو چشمگیری افزایش می‌یافت. سادگی مایه‌ی آسودگی خاطر ناشی از چهار عنصری که یونانیان باستان اعلام کرده بودند، دیری بود که دیگر رخت بربسته و به فراموشی سپرده شده بود. در واقع یونانیان باستان هم نه عنصر را شناخته بودند که بعداً با تعریف پیشرفته‌ی «شیمیدان شکاک»، رابرت بویل، در سال **۱۶۶۱**، تطبیق می‌کرد: هفت فلز طلا، نقره، آهن، قلع، سرب، مس و جیوه، همراه با کربن و گوگرد. ارسنیک، انتیموان، بیسموت و فسفر هم تا سال ۱۷۰۰ به این سیاهه افزوده شدند؛ در قرن هجدهم گازهای اکسیژن، نیتروژن، هیدروژن و کلر در کنار تعدادی فلز جدید از جمله کبالت، پلاتین، روی، منیزیم، نیکل، تنگستن و اورانیم به آن سیاهه اضافه شدند.

در دهه‌ی ۱۸۰۰ عناصر بسیار بیشتری از معادن بیرون کشیده شدند. از جمله‌ی آن‌ها می‌توان فلزاتی چون سدیم و پتاسیم را برشمرد که همفری دیوی آن‌ها را با استفاده از جریان برق از ترکیب‌ها آزاد کرده بود (۱۸۰۷). بعداً سیلیسیم، برم و یُد و باز هم فلزاتی دیگر، چون آلومینیم، را کشف کردند. تا دهه‌ی ۱۸۳۰، تعداد عناصر این فهرست سر به ۵۵ ماده زده بود که دیگر نمی‌شد آن‌ها را به چیزی ساده‌تر تجزیه کرد. چند تا عنصر دیگر مانده بود که باید کشف می‌شدند؟ یکصد تا؟ هزار تا؟ تعدادی نامحدود؟ چرا مقدارشان زیاد است؟ آیا در میان آن‌ها نظم و سامانه‌ای برقرار است؟

یوهان دوبرینر، شیمیدان آلمانی، در سال ۱۸۲۹ نخستین بینش‌ها را در این زمینه عرضه کرد. وی حدس زد که کلر، برم و یُد یک خانواده را تشکیل می‌دهند. خواص برم تقریباً بینابین خاصیت آن دو عنصر دیگر قرار می‌گیرد. کلر در دمای متعارف

گازی، برم مایع و ید جامد است. کلر بسیار واکنش‌پذیر، و واکنش‌پذیری یُد از همه کم‌تر به نظر می‌رسید. و در چارچوب وزن اتمی (**۱۸۰۸ دالتون**) برم با تقریب اندکی مابین کلر و ید واقع می‌شد.

این نخستین «سه‌گانه»ی دوبراینر بود. وی دو سه‌گانه‌ی دیگر با درجه‌بندی‌های منظم در خواص‌شان یافت: کلسیم، استرونسیم و باریم؛ و گوگرد، سلنیم و تلور اما همین‌جا بود که متوقف شد. هیچکدام از عناصر باقیمانده به نظر نمی‌رسید که با گروه‌های سه‌تایی منطبق باشند. شاید سه‌گانه‌هایی که دوبراینر یافته بود فقط ناشی از یک بخت مساعد یا اتفاق بوده‌اند. شیمیدانان به طور کلی تحت تأثیر این یافته‌ها قرار نگرفتند، هرچند که اکثر آنان منتظر یافتن نظمی در میان عناصر بودند. شواهد و مدارک بهتری در سال **۱۸٦٤** به دست آمد.

چارلز لایل: همه‌اش وقتگیر است

۱۸۲۹ وقتی چارلز داروین در مقام طبیعیدان (طبیعت‌شناس) بر کشتی *بیگل* سوار شد (**۱۸۳٦**) جلد اول *مبانی زمین‌شناسی* تألیف چارلز لایل را هم با خود برد (و آن را غنیمت شمرد). مجلدهای دوم و سوم این کتاب، که بعداً منتشر شدند، با پست در آن سوی کره‌ی زمین برایش ارسال شد. وی غالباً اظهار داشته است که به لایل و نظریه‌ی «تغییر تدریجی» (اصل یکنواختی) او چقدر مدیون است. آلفرد والیس، که او نیز نظریه‌ای درباره‌ی تکامل پرداخته بود (**۱۸۵۸**)، بابت همین دین از لایل سپاسگزاری کرده است.

لایل یکی از قوی‌ترین حامیان داروین شد (**۱۸۷۱**) و در ترتیب دادن نشست مشترکی در سال ۱۸۵۸ که طی آن نظریه‌های داروین و والیس هر دو برای نخستین بار برای همگان عرضه شد، تأثیرگذار بود. وی پیش از آن با مفهوم تکامل مخالف بود، و ایده‌های لامارک (**۱۸۰۹**) را حقیر می‌شمرد و هرگز نظریه‌ی انتخاب طبیعی داروین (**۱۸۵۹**) را نپذیرفت، هر چند که سرانجام متقاعد شدکه تکامل اتفاق افتاده است.

بنا بر سنتی که جیمز هوتون (**۱۷۷۸**) جا انداخته بود، لایل معتقد بود که سنگ‌ها در طی دوره‌های زمانی بسیار طولانی انباشته می‌شوند، و سابقه و پیشینه‌ی ماندگار و با دوامی را از زمان‌های گذشته و شکل‌های حیات تشکیل می‌دهند. با استفاده از سنگواره‌ها به عنوان نشانگر، آن‌طور که ویلیام اسمیت (**۱۷۹۹**) انجام داده بود، وی گروه جوان سنگ ها را که در حال حاضر آن را دوران سوم زمین‌شناسی می گویند، به

سه دسته تقسیم کرد و آن‌ها را ائوسن (دوره‌ی ائوسن)، میوسن (میان پدید)، و پلیوسن (دوره‌ی پلیوسن) (به معنای، به ترتیب، «سپیده‌دم دوران جدید»، «مدت کم‌تری از دوران جدید» و «مدت بیشتری از دوران جدید») نامید. ویلیام وِول (**۱۸۳۳**) در این نام‌گذاری‌ها به او کمک کرد.

وی گروه عمده‌ای از سنگ‌ها را مطالعه کرد که هم با سنگ‌های رسوبی (مانند ماسه‌سنگ یا شیل، واقع در زیر آب) و هم با سنگ‌های آذرین (مانند بازالت و گرانیت، که یک بار ذوب شده‌اند) فرق داشتند. وی گروه سوم خود را سنگ‌های «دگرگونی»، به معنای «تغییریافته»، نامید، و اظهار داشت که علت پیدایش آن‌ها گرما و فشار شدید، مثلاً ناشی از سنگ‌های مذاب («ماگما» یا ماده‌ی آذرین) در جوارش بوده است. به این ترتیب است که سنگ آهک به مرمر، و شیل به اسلیت (سنگ لوح) تبدیل می‌شود.

کتاب *مبانی زمین‌شناسی* لایل کتابی بسیار تأثیرگذار بود، که طی ۵۰ سال دوازده ویراست از آن انتشار یافت. عنوان فرعی‌اش منظور آن را توضیح می‌دهد: «تلاشی برای توضیح تغییرات پیشین سطح زمین از طریق مراجعه به دلایل و مدارکی که هم‌اکنون در کارند». قالب ذهنی «تغییرات تدریجی» که در این کتاب نهفته بود به دیدگاهی پذیرفته تبدیل شد؛ دیدگاه رقیب آن، یعنی نظریه‌ی تغییرات ناگهانی و شدید، دست‌کم تا حالا، از اذهان پاک شد.

لایل در ابتدا حقوق خواند و در آن حوزه کار کرد، اما سخنرانی‌ها و مقاله‌های ویلیام باکلند در آکسفورد مسیر زندگانی‌اش را تغییر داد. وی نیز، مانند داروین، با املاکی که به عنوان پشتیبان گذران زندگانی‌اش داشت، یکی از «اشراف دانشمند» بود و لقب شوالیه (سِر) گرفت و بارون شد، و همانند همه‌ی افراد متشخص و برجسته علمی انگلیسی، در کلیسای وست مینستر، در جوار آیزاک نیوتون، به خاک سپرده شد.

مایکل فاراده و ژوزف هنری: مغناطیس الکتریسیته تولید می‌کند

۱۸۳۱

مایکل فاراده، فیزیکدان پر کار و بارآور انگلیسی (**۱۸۱۳**) در سال ۱۸۳۱ پس از یک دهه که ریاضت‌کشی و پرهیزکاری را پیشه کرده بود و در پی پیش آمدن مورد «موتور الکتریکی» (**۱۸۲۰ ارستد**)، بار دیگر به مطالعه و بررسی در حوزه‌ی الکتریسیته و مغناطیس بازگشت. نقطه‌ی آغاز او در اینجا نیز پیوند و ارتباطی بود که ارستد بین الکتریسیته و مغناطیس یافته بود: پیرامون جریانی الکتریکی در یک سیم را یک میدان مغناطیسی احاطه می‌کند. اگر الکتریسیته بتواند مغناطیس تولید کند،

آیا مغناطیس هم می‌تواند الکتریسیته به وجود آورد؟

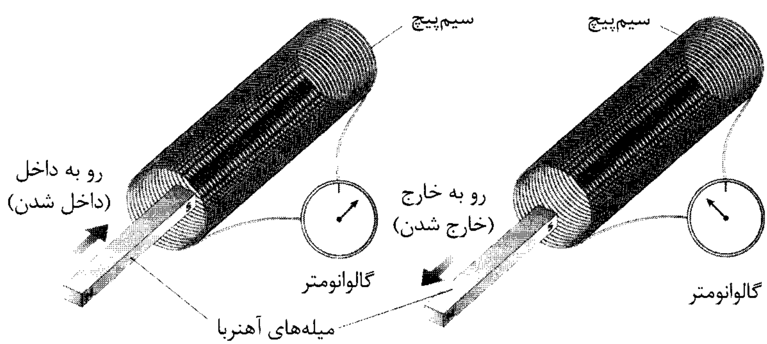
هر کسی می‌تواند همان کاری را بکند که او انجام داد. وی سیمی را چندین دور از یک طرف بر گرد یک حلقه‌ی آهنی پیچید، و دو سر این سیم را به یک باتری و کلید وصل کرد. سیم دیگری را از طرف دیگر حلقه به دور آن پیچید و آن را به یک وسیله‌ی اندازه‌گیری («گالوانومتر») وصل کرد تا از عبور جریان آگاهی یابد. وی امیدوار بود نشان دهد جریانی که از یک سیم‌پیچ عبور می‌کند باعث برقراری جریان در سیم‌پیچ دوم می‌شود، اتصال بین آن‌ها از طریق میدان مغناطیسی محقق می‌شود.

تقریباً هیچ اتفاقی نیفتاد. وقتی فاراده جریان را در سیم‌پیچ اول برقرار کرد، عقربه‌ی گالوانومتر به سرعت به یک طرف تکانی خورد و آنگاه روی صفر ایستاد. وقتی دوباره جریان را قطع کرد، عقربه به طرف دیگر حرکت کرد و باز هم به روی صفر برگشت. به این ترتیب باید میدان مغناطیسی تغییر کرده، قوی و ضعیف‌تر شده، و بعداً جریانی الکتریکی را برقرار کرده باشد. فاراده با روش‌های دیگری برای تغییر دادن میدان مغناطیسی از طریق یک سیم پیچ آشنا بود. داخل و خارج کردن ساده‌ی یک میله‌ی مغناطیسی به درون سیم‌پیچ از جمله‌ی این روش‌ها بود. نتیجه‌ی این روش‌های کار جملگی با هم می‌خواندند. داخل کردن یک آهنربا به درون سیم‌پیچ، جریان اندکی را برقرار می‌کرد. هرگاه این آهنربا را بی‌حرکت نگه می‌داشت، هیچ اتفاقی نمی‌افتاد. هرگاه آن را خارج می‌کرد، جریان اندکی باز هم برقرار می‌شد اما در جهت مخالف جریان اول.

فاراده، در ظرف ده روز کار سخت و شدید، به القای الکترومغناطیسی پی برده بود. تغییری در میدان مغناطیسی جریانی را «القا می‌کند» که در سیم برقرار می‌شود. پیامدهای عملی این یافته‌ها آشکار بود. دستگاهی با چند آهنربا و سیم‌پیچ که پیوسته نسبت به هم حرکت می‌کنند جریان الکتریکی پایداری تولید خواهد کرد (هرچند که جریان «متناوب»، به صورت جلو و عقب جاری می‌شود). راه برای ساختن «مولدها یا ژنراتورها» و یا «دینام» گشوده شد که روزی فرا رسید که برق یا الکتریسیته به خون و مایه‌ی حیات جوامع پیشرفته تبدیل شد.

کشف مشابهی و در همان سال در آن سوی اقیانوس اطلس انجام شد. جوزف هنری، «فیلسوف طبیعی» آمریکایی چهره‌ی تأثیرگذار بعدی در رشد علم در آمریکا، بعد از بنیامین فرانکلین همه‌کاره و جامع‌الاطراف (۱۷۵۱) و بنیامین تامسون ماجراجو (۱۷۹۸)، به‌شمار می‌آید. وی هم در تحقیقات و هم به عنوان «دولتمرد اهل علم» با آن‌ها هم‌سنگ بود و گاهی هم از دستاوردهای آنان پیشی گرفت. وی در سال ١٨٤٦

سمتی را در جایی که بعداً دانشگاه پرینستون نام گرفت ترک گفت تا به سمت نخستین منشی مؤسسه‌ی نوبنیاد اسمیتسونی در واشنگتن به کار مشغول شود؛ این نهاد امروزه یکی از بزرگ‌ترین موزه‌ها و آزمایشگاه‌ها در حوزه‌ی علم و فناوری در جهان به‌شمار می‌آید. وی همچنین به بنیانگذاری آکادمی علوم ملی، معادل و هم‌سنگ انجمن سلطنتی انگلستان در آمریکای شمالی کمک کرد، و به مقام دومین رئیس آن رسید.



این نمودار رابطه‌ی بین الکتریسیته و مغناطیس را نشان می‌دهد. با وارد کردن آهنربای میله‌ای به داخل سیم‌پیچ میدان مغناطیسی قوی‌تر می‌شود و جریانی را القا می‌کند که در یک جهت در سیم‌پیچ جاری می‌شود (که گالوانومتر آن را نشان می‌دهد). بیرون کشیدن آهنربا میدان را تضعیف و جریان را در جهت عکس برقرار می‌کند. جریان فقط در حالی جاری می‌شود که آهنربا حرکت (و میدان مغناطیسی تغییر) کند. هرچه این حرکت سریع‌تر باشد، جریان شدیدتری برقرار می‌شود.

این نقش‌ها و مسئولیت‌ها او را از حوزه‌ی تحقیقاتش دور کرد اما آوازه‌اش کماکان پابرجا بود. در اواخر دهه‌ی ۱۸۲۰ کشف الکترومغناطیس را پایه نهاد و از طریق پیچیدن هزاران حلقه سیم حامل جریان به دور میله‌های آهنی، «آهنرباهای الکتریکی» قدرتمندی را ساخت. برخی از این آهنرباهای الکتریکی توان نخستین تلگراف برقی را تأمین کردند که، از جمله‌ی سایر منافع و سودهایش، رساندن سریع اطلاعات و پیش‌بینی‌های آب و هوایی را ممکن کرد؛ هنری در برپا کردن یک سامانه‌ی ملی در ایالات متحده‌ی آمریکا برای این منظور (هواشناسی و پیش‌بینی هوا) تأثیرگذار بود.

هنری در سال ۱۸۳۱، مستقل از فاراده، القای الکترومغناطیسی را کشف کرد. وی

این حوزه را گسترش بیشتری داد و پیش از فاراده «خودالقا» را کشف کرد. ایجاد تغییر جریان در یک سیم‌پیچ میدان مغناطیسی را تغییر می‌دهد؛ این میدان به نوبه‌ی خود در همان سیم‌پیچ اما در خلاف جهت جریان اول، جریان دیگری را برقرار می‌کند. به این ترتیب جریان‌های متغیر (از جمله جریان های متناوبی که به صورت جلو وعقبی جریان می‌یابند) همین‌که می‌خواهند از یک سیم‌پیچ عبور کنند راهشان مسدود می‌شود (خفه می‌شوند). هرچه جریان سریع‌تر تغییر کند (یعنی، «بسامدش» بالاتر باشد) تأثیر آن چشمگیرتر است. امروزه «خفه‌کن‌ها یا چوک‌ها» از اجزای مهم الکترونیک به‌شمار می‌آیند. نام هنری به خاطر سهم او در این کار با نام‌گذاری یکای القا (یا القاییدگی)، هنری به نام او گرامی داشته شده است.

هنری با بهره‌گیری از القا در مبدل (ترانسفورماتور) که جزئی حیاتی از فناوری الکتریکی امروز به‌شمار می‌آید، این مسیر را پی گرفت (فاراده هم همین کار را کرد). اگر دو سیم‌پیچ بر روی تکه آهن واحدی پیچیده شوند، که تعداد سیم‌پیچ‌های اولی محدود باشد و تعداد سیم‌پیچ‌های دوم زیاد، جریان القا شده در سیم‌پیچ دوم «ولتاژ» (**۱۸۲٦**) بسیار بالاتری نسبت به اولی، برقرار خواهد شد. از این رو ولتاژها می‌توانند «افزاینده» (یا اگر سیم‌پیچ‌ها را برعکس کنیم، «کاهنده») باشند، اما فقط با جریان‌های متناوب (AC)؛ جریان‌های «مستقیم» (DC) یکنواخت تحت تأثیر این موضوع قرار نمی‌گیرند. جریان در سیم‌پیچ دوم نسبت به جریان در سیم‌پیچ اول بسیار کوچک‌تر است؛ برعکس انرژی (**۱۸٤۷ ژول**) تولید خواهد شد. این قطعه‌ها یا وسیله‌ها، که به آن‌ها «سیم‌پیچ یا پیچه‌ی القا» نیز می‌گویند، کانون تلاش‌های اولیه برای عبور الکتریسیته از گازها به‌شمار می‌رفت، که راه را برای پدیده‌های جدید و شگفت گشود (**۱۸۵٤ گایسلر**). ◄◄ ۱۸۳٤

جان هرشل: مانند پدر، شبیه پسر

۱۸۳۲ احتمالاً ستاره‌شناس شدن جان هرشل اجتناب‌ناپذیر بود. پدرش، ویلیام، منجم پادشاه بود. وی سیاره‌ی اورانوس (**۱۷۸۱**) را یافته و نخستین تلسکوپ‌ها (**۱۷۸۹**) را ساخته بود. افزون بر آن، نفوذ عمه‌اش، کارولین، را که شور و استعداد برادرش را هم در نجوم و هم موسیقی داشت، باید به حساب آورد. هرشل جوان مدتی با سرنوشت خود به مبارزه برخاست؛ وی پس از تحصیلات درخشانی در رشته‌ی ریاضی در کمبریج، به حقوق روی آورد، هرچند که به مدت زمانی کوتاه.

حتی پدرش هم ایده‌های دیگری داشت، و امیدوار بود که جان جامه‌ی روحانیت در بر کند و کشیش شود. اما سرانجام این ستاره‌شناسی بود که او را به حوزه‌ی خود کشانید.

پربارترین سال‌های هرشل از حدود سال ۱۸۳۲ در آفریقای جنوبی سپری شد. از آن پس، بسیاری از ستارگان نیمکره جنوبی را برای نخستین بار فهرست‌برداری و از آن‌ها نقشه تهیه کرد، که این کار را با بهره‌گیری از یک تلسکوپ بازتابی بزرگ انجام داد که خودش ساخته بود. وی دنباله‌دار هالی را در سال ۱۸۳۵ که این دنباله‌دار به زمین نزدیک شد، مشاهده کرد و اظهار داشت که برخی خصوصیات عجیب و غریب در رفتار آن حاصل تندبادی از گازهای داغ است که از خورشید به بیرون پرتاب می‌شوند. یوهان کپلر بیش از ۲۰۰ سال قبل از آن بر وجود این «باد خورشیدی» گمان برده بود.

هرشل در انجمن سلطنتی از اعضای سرشناس و برجسته به‌شمار می‌آمد. در سال ۱۸۳۱ به عنوان نامزد یک دسته‌ی قدرتمند از اعضای انجمن تقریباً به ریاست آن برگزیده شد تا در این «انجمن سلطنتی» محترم معزز تغییر و تحولاتی اساسی به وجود آورد و آن را با روح زمانه سازگارتر کند. نامزد سنت‌گرایان با فاصله‌ی اندکی و به زحمت در رقابت پیروز شد. همین سرخوردگی بود که هرشل را به سوی آفریقای جنوبی و کار کردن با دوست صمیمی‌اش چارلز ببیج، مخترع نخستین کامپیوتر، روانه کرد تا انجمن بریتانیایی برای پیشرفت علوم («BA») را پایه گذارد و در این انجمن کارهایی انجام دهد که در انجمن سلطنتی نمی‌شد انجام داد.

هرشل در سن و سال تقریباً ٦٠ سالگی، دست به کار عجیبی زد؛ از حوزه‌ی ستاره‌شناسی پای بیرون نهاد تا ریاست ضرابخانه‌ی سلطنتی را بر عهده گیرد، مسئولیتی برای ایجاد اصلاحات در پول رایج. یکصد و پنجاه سال پیش از آن، آیزاک نیوتون همین کار را انجام داده بود، هرچند که این پیشه احتمالاً برازنده‌ی استعداد نیوتون بود تا هوش و قریحه‌ی هرشل.

هرشل زمانی در هنگام کودکی علائق و اشتیاقی به عکاسی مبذول می‌داشت. کشف یک فرایند شیمیایی توسط او در «تثبیت» تصویر و توقف رنگ‌پریدگی آن حیاتی بود. اگر به این حوزه توجه درست و عمیقی مبذول می‌داشت، امروز باید او را به عنوان مخترع عکاسی به یاد می‌آوردیم (**۱۸٤۲ استارلایت**). وی به پیشرفت‌هایی در حوزه‌ی مطالعاتی جدیدی به نام «طیف‌نمایی» (**۱۸۱٤ فراونهوفر**) هم توجه و علاقه نشان داد و شاید نخستین کسی بود که حدس زد تجزیه‌ی نور خورشید و ستارگان می‌تواند اجزای سازنده‌ی آن‌ها را تعیین کند.

ویلیام وِرْوِل[1]: سوار بر کلمات

۱۸۳۳ ممکن است درباره‌ی ویلیام ورول چیزی نشنیده باشید، اما از برخی واژگان و کلماتش بهره گرفته‌اید. ورول استعداد خاصی در واژه‌سازی و واژه‌گزینی برای بیان بسیاری از ایده‌ها، مفاهیم و اختراعات جدیدی داشت که هر روز از آزمایشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی آن روز سر برون می‌کردند. وی به جزئیات زبان‌های لاتین و یونانی اشرافی داشت که سایر محققان فاقد آن بودند. همین ورول بود که برای گزینش اصطلاحات آند، کاتد، یون و الکترولیت برای تشریح آزمایش‌ها و مشاهدات فاراده در عبور الکتریسیته از مایعات، پیشنهاد و توصیه کرده بود (**۱۸۳٤**). وی به چارلز لایل (**۱۸۲۹**) برای گزینش اصطلاحات و کلماتی چون اِئوسن، میوسن و پلیوسن برای نامیدن تقسیمات فرعی سنگ‌های دوران سوم در تاریخ زمین‌شناسی، یاری رساند. طرح و تدوین اصل یکنواختی نیز برای تشریح نظریه‌ی تغییرات زمین‌شناختی تشریحی به وسیله‌ی لایل که جیمز هوتون (**۱۷۷۸**) پیش از او توضیح داده بود، از اوست.

مشهورترین اصطلاحی که ورول وضع کرد، اصطلاح «ساینتیست» بود که در سال ۱۸۳۳ آن را برای تشریح کسی به کار برد که درگیر پژوهش و کاوش علمی است. تا پایان آن قرن (نوزدهم) طول کشید تا این اصطلاح کاربرد همگانی یافت، و جایگزین عبارت "man(sic) of science" (مرد علم)، و پیش از آن «فیلسوف طبیعی» شد.

ورول آزمایشگر بزرگی نبود اما با اقتدار درباره‌ی تقریباً هر جنبه‌ای از علم زمانه‌ی خودش، از جمله چگونه باید به کار علم دست زد و علم چه کاری باید انجام دهد، می‌نوشت. و چندان می‌دانست و اطلاعات داشت که یکی از معاصرانش، با لحنی مطایبه‌آمیز، نوشت که «علم نقطه‌ی قوت او، و علم به همه چیز نقطه‌ی ضعف اوست». ورول در همه جای علم زمانه‌ی خودش حضور داشت: عضو انجمن سلطنتی، رئیس انجمن زمین‌شناسی و مدیر ترینیتی کالج در کمبریج (دانشکده‌ی قدیمی نیوتون). همراه با چارلز ببیج و جان هرشل (**۱۸۳۲**) انجمن بریتانیایی پیشرفت علم را پایه نهاد و نخستین رئیس آن بود.

ورول به عنوان یکی از مریدان «الهیات طبیعی» عامیانه، که دست خالق در هر جایی در طراحی طبیعت می‌بیند، یکی از مخالفان مشهور چارلز داروین (**۱۸۵۹**) و نظریه‌ی تکامل او بود. در سال ۱۸۲۵، مقام اِرلِ بریج‌واتر مبالغی را به خاطر نوشتن هشت «رساله» در نمایش «قدرت، خرد و مهربانی خداوند که در کارهای آفرینش

1. Wherwell

بروز و ظهور پیدا می‌کند»، به او پرداخت کرد. ورول از جانب اسقف کانتربری، رئیس انجمن سلطنتی و دیگران برای نوشتن *رساله‌های بریج‌واتر* درباره‌ی ستاره‌شناسی و فیزیک برگزیده شده بود. در این رساله‌ها جهان آسوده و مطمئن از چشم علم اوایل قرن نوزدهم به نمایش درآمده است. این نگرش در پایان آن قرن بسی دگرگونی یافته و تغییر کرده بود.

مایکل فاراده: زبان جدید الکتروشیمی

۱۸۳۴ مایکل فاراده، آزمایشگر بزرگ،در پی کشف القای الکترومغناطیسی‌اش (**۱۸۳۱**)، ساعت را بیست سال به عقب و به کارهای خلف‌اش، همفری دیوی (**۱۸۰۷**)، برگرداند. دیوی علم الکتروشیمی را آغاز کرده، و تغییرات شیمیایی را با عبور جریان الکتریکی انگیخته بود. فاراده بار دیگر با سخت‌کوشی و دقت مألوف خودش دنباله‌ی این تحقیقات را پی گرفت، و پس از کوتاه مدتی قواعد اساسی آن حوزه را تدوین کرد.

فرض کنید این آزمایش سبب شد که نقره از یک محلول یکی از نمک‌هایش بر اثر عبور الکتریسیته «رسوب» داده شود (شاید برای «آب نقره‌کاری» یک فلز هدف). فاراده پی برد که مقدار نقره‌ی رسوب داده شده به مقدار بار الکتریکی مصرف شده (شدت جریان ضرب در زمان) بستگی دارد. اگر بار الکتریکی را دو برابر کنید، مقدار نقره‌ی نشسته شده روی فلز هدف هم دو برابر می‌شود.

اما همین مقدار بار مقادیر مختلفی از فلزات مختلف را آزاد می‌کرد. باری که ۱۰۸ گرم نقره را ته‌نشین کند فقط ۲۳ گرم سدیم یا ۳۹ گرم پتاسیم تولید می‌کند. مستقل از این‌که جریان چقدر باشد، این نسبت‌ها ثابت می‌مانند. و این نسبت‌ها معادل نسبت وزن‌های اتمی این عناصر (سدیم ۲۳، پتاسیم ۳۹، نقره ۱۰۸) بودند (**۱۸۰۸ دالتون**). آیا این موضوع به آن معنا بود که جریان الکتریکی همواره تعداد اتم‌های مشابهی از هر عنصر را آزاد می‌کرد؟ فاراده تأیید کرد که اوضاع به طور کلی به همین منوال است، هر چند که گاهی مقدار آزاد شده دقیقاً تا نصف یا یک‌سوم خاتمه می‌یافت.

در اینجا فاراده بر آستانه‌ی یک کشف بزرگ ایستاده بود. شاید یک یکای بنیادی بار الکتریکی (یک «اتم الکتریسیته») وجود داشت؛ اتم‌ها در محلول یک یا دو یا سه تا از این‌ها را عمل می‌کردند و وقتی خارج می‌شدند محلول را به حال خود وا می‌گذاشتند. این اتفاق آنچه را که او دیده بود توضیح می‌داد. فاراده این موضوع را

ادامه نداد (وی به وجود «اتم‌ها» اعتقاد نداشت) اما سایرین دنبال این کار را گرفتند (**۱۸۸٤ آرینوس**).

این علم جدید زبان جدیدی را می‌طلبید. ویلیام ورول (**۱۸۳۳**) به فاراده پیشنهاد کرد محلول رسانا را الکترولیت بنامد. الکترودها (در یونانی به معنای «مسیرهای الکتریسیته») بار را در داخل و خارج الکترولیت حمل می‌کردند. آند («مسیر به سوی بالا») با بار مثبت بود؛ کاتد («راه به پایین») با بار منفی معنی می‌داد. سروکله‌ی این اصطلاحات بعداً در الکترونیک پیدا شد. فاراده برای توضیح چگونگی عبور جریان الکتریکی از مایع، با اکراه و بی‌میلی ذرات بارداری به نام یون (در زبان یونانی به معنای «آوارگان») را به تصور درآورد. کاتیون‌ها حامل بار مثبت بودند ــ این بارها به کاتد جذب می‌شدند؛ آنیون‌ها ذرات با بار منفی بودند. به نظر فاراده یون‌ها بیشتر از اتم‌ها واقعی نبودند اما این مدل کارآمد بود و در واقع بسی توانمند از کار درآمد. ◀◀ **۱۸٤۵**

گاسپار کوریولیس: چرا بادها در مسیری دایره‌ای می‌وزند؟

۱۸۳۵ گاسپار کوریولیس، پسر سربازی که بعداً صنعتگر شد و در جوانی درگذشت، نام خود را به «اثری» داد که هنوز هم به نحو گسترده‌ای بد فهمیده شده و ناشناخته مانده است. اثر یا «نیروی» وی عامل به چرخش درآوردن آب در یکی از جهت‌هاست همان‌گونه که در سوراخ فاضلاب یا توالت (فرنگی) پیش می‌آید، هرچند که در واقع این موارد اخیر خیلی ضعیف‌اند. اثر کوریولیس فقط در فواصل و مسافت‌های طولانی، ده‌ها یا صدها کیلومتر، چشمگیر است که سامانه‌های آب و هوایی و جریان‌های اقیانوسی را در یک جهت شمال استوا و جهت دیگر تا جنوب دور می‌زند و برمی‌گرداند.

جورج هادلی انگلیسی در سال ۱۷۳۵ برای نخستین بار توضیح داد که چرا بادهای تجاری (یا بادهای بسامان)، که باید مستقیماً از شمال یا جنوب به سوی استوا بوزند، در حین وزیدن خم می‌شوند به نحوی که از شرق به استوا می‌رسند. وی گفت، چرخش زمین (حول محورش؛ حرکت وضعی زمین) موجب این پدیده می‌شود؛ بر زمین ساکن و ایستاده بادها شمال ـ جنوبی باید بوزند. یک قرن بعد، کوریولیس تلاش کرد که رفتار بادها را بر قانون لختی (اینرسی) گالیله (**۱٦۰٤**) یا قوانین حرکت نیوتون (**۱٦۸٦**) انطباق دهد؛ بنابراین قوانین، هر جسمی، مانند مولکول‌های هوا که باد را به وجود می‌آورند، در خط مستقیم و با سرعت ثابت به حرکت ادامه می‌دهند

مگر این‌که نیرویی بر آن‌ها وارد آید. وی، برای اجرای این انطباق ناگزیر شد نیرویی، نیروی کوریولیس، را پدید آورد که در قطب‌ها از همه‌جا ضعیف‌تر و در امتداد استوا از همه‌جا قوی‌تر است و جهتش وابسته به این است که در کدام سمت استوا قرار گرفته‌اید.

می‌توانید بگویید که این نیرو «موهومی و مجازی» است؛ این نیرو فقط به این علت ضروری است که زمین چرخان یک «چارچوب مرجع لخت» نیست که در آن باید از قوانین نیوتون یا گالیله پیروی کرد. اگر بتوانید در فضا معلق و آویخته بمانید در حالی که زمین زیر پای شما می‌چرخد (به دور خودش)، بادها را خواهید دید که در مسیرهای مستقیم می‌وزند. به همین ترتیب، باید آونگ فوکو (**۱۸۵۱**) را مشاهده کنید که کماکان در یک جهت نوسان می‌کند. باید برای توضیح این‌که چرا صفحه‌ی حرکت (نوسان) آونگ در هنگامی که از نقطه‌ای به موازات و متصل به زمین به آن نگریسته شود، به نظر می‌رسد که می‌گردد (حول محورش)، باید از نیروی کوریولیس استمداد جست.

تمام آنچه که باید به خاطر سپرده شود این است که، نیروی کوریولیس، بنا بر آنچه که او در سال ۱۸۳۵ نوشت، محاسبات درباره‌ی چگونگی حرکت باد در سطح زمین، و نیز چگونگی حرکت موشک‌ها و هواپیما را که تحت تأثیر چرخش زمین قرار می‌گیرند، تسهیل می‌کند. درباره‌ی بادها، آن بادهایی که به سوی استوا می‌وزند منحرف می‌شود چنان که از شرق می‌وزند؛ بادهایی که به سوی قطب‌ها می‌وزند چنان‌که به بادهای باختری عرض‌های میانی (در هر دو طرف خط استوا) تبدیل می‌شوند. این حرکت‌ها باعث می‌شوند که توده‌های عظیم هوا، چرخندهای کم‌فشار و واچرخندهای پرفشار، بسته به این‌که در کدام نیمکره جاری باشند، به چپ و راست می‌چرخند.

در دریا هم همین اتفاقات می‌افتد. توده‌های آب در حوزه‌های اقیانوسی عمده، همچنان که جریان‌های درونی آن‌ها منحرف می‌شوند (در نیمکره‌ی شمالی در سوی ساعتگرد، و در نیمکره‌ی جنوبی در سوی پادساعتگرد)، به چرخش درمی‌آیند. به این ترتیب «چرخش‌ها»ی اقیانوسی جریان سرد را در امتداد کرانه‌ی غربی یک قاره و جریان گرم را در امتداد کرانه‌ی شرقی به راه می‌اندازند. این روند مناطق غربی قاره‌ها را از بخش‌های شرقی آن‌ها در همان ارتفاع خشک‌تر می‌کند. کوریولیس، علی‌رغم وضعیت و شرایط مریض‌احوالش (وی در پنجاه و یک سالگی درگذشت)، در کسوت فیزیکدان و ریاضیدان، معلمی بسیار موفق بود. وی کاربرد اصطلاحاتی چون «کار» و

«انرژی جنبشی» را به همانگونه که امروز به کار می‌بریم، معمول و متداول کرد. برای تشریح و توضیح مفاهیم، می‌توانست کار را با تفریح درآمیزد، و کتاب مشهوری هم درباره‌ی ریاضیات بیلیارد نگاشته است.

چارلز داروین[۱]: در تعقیب *بیگل*

۱۸۳۶ پیشه و حیات حرفه‌ای چارلز داروین با خوش‌شانسی و حُسن تصادف آغاز شد. در سال ۱۸۳۱ به وی مقامی بدون دستمزد و رایگان به عنوان طبیعت‌شناس (طبیعیدان) پیشنهاد شد که در ناوگان سلطنتی *بیگل* طی یک سفر اکتشافی دو ساله به دور دنیا خدمت کند. وقتی پدرش به این اقدام ماجراجویانه اعتراض کرد، پدربزرگش، جوسایا وِجوود خودش پرداخت هزینه‌ی سفر را تقبل کرد. داروین فرصتی درخور توجه، و شاید هم منحصر به فرد، برای گردآوری یافته‌ها و مشاهداتی به چنگ آورد که بعدها برای ارائه به عنوان مدارک تأییدکننده‌ی نظریه‌ی چشمگیر و تابناکش از آن‌ها سود جست. ممکن است داروین بدون تجربه‌ی *بیگل* فقط دانشمندی برجسته می‌بود؛ شاید کس دیگری پیدا می‌شد که این فرصت را، اگر او از آن استفاده نمی‌کرد، غنیمت می‌شمرد. این را هرگز نخواهیم دانست.

داروین قبل از آن از کارهایی در کلیسا و حوزه‌ی پزشکی کناره گرفته بود، که این مورد اخیر به آن علت بود که از عمل جراحی بدون مصرف داروهای بیهوشی منزجر بود. در شرایطی راحت و فارغ‌البال زندگی می‌گذرانید. وی از جمله واپسین «اشراف‌زادگان دانشمند» به‌شمار می‌آمد، که تحقیقاتش را بدون دغدغه و غم معاش پی می‌گرفت. پدرش پزشکی موفق و ثروتمند، و مادرش از اعضای خانواده‌ی مشهور وجوود سفالگر بود. دو پدربزرگش (اراسموس داروین و جوسایا وجوود) از طریق انجمن قمری بیرمنگام (۱۷٦۵) با یکدیگر آشنا شده بودند. داروین با اِما وجوود، دختر دایی‌اش ازدواج کرد.

بیگل در اکتبر ۱۸۳٦ به انگلستان بازگشت، سفری که برای دو سال برنامه‌ریزی شده بود سرانجام پنج سال به درازا کشید. داروین مجموعه‌ی بزرگی از اطلاعات و نمونه‌ها، عمدتاً از آفریقای جنوبی اما از زلاند نو و استرالیا نیز گردآورده بود. ناخدای کشتی (*بیگل*)، رابرت فیتزروی، و سایرین، نیز پیگیرانه در این جمع‌آوری‌ها مشارکت

---

۱. برای اطلاعات بیشتر کتاب *چارلز داروین، سرگذشت فشرده‌ی مردی فوق‌العاده* ترجمه‌ی دکتر محمدرضا توکلی صابری از همین مجموعه را ببینید. ن

جسته بودند. این سفر، در حکم سفری اکتشافی و تحقیقاتی، با توفیق عظیمی قرین بوده است.

بازدید *بیگل* از جزایر گالاپاگوس در فواصل دوری از کرانه‌ی آمریکای جنوبی اکنون ماجرایی مشهور و زبانزد همگان است. تأثیر دیدار از این جزایر در ملاحظاتش تحت عنوان «مرغ‌های عشق داروین» جمع‌بندی شد. این پرندگان در هر یک از بسیار جزایر از مشخصه‌های متمایزی، چون شکل نوک‌هایشان، که با سبک و شیوه‌ی حیاتشان و از جمله غذای موجود سازگاری داشت، برخوردار بودند. لاک‌پشت‌های مشهور گالاپاگوس نیز گوناگونی‌های ظریفی را از جزیره‌ای به جزیره‌ی دیگر بروز می‌دادند.

جهل و نادانی اعتماد به نفس بیشتری را به بار می‌آورد تا علم و آگاهی. این همان‌هایی‌اند که کم می‌دانند، و نه آن‌ها که زیاد می‌دانند، کسانی که قاطعانه اصرار می‌ورزند که علم این یا آن مسئله را هرگز حل نخواهد کرد.

چارلز داروین

بسیاری طبیعت‌شناسان چنین سازگاری‌هایی را در محیط‌های بسیاری مشاهده کرده بودند. برخی آن‌ها را گواهی بر خرد خالق هستی پنداشته بودند، که در واقع داروین هم در جوانی‌اش بر همین باور بود. وی نشانه‌هایی از توضیح ممکن دیگری را هم مشاهده کرد. این جزیره‌ها گسترده‌تر از آن بودند که پرندگان از یکی به دیگری پرواز کنند، از این رو جمعیت آن‌ها طی نسل‌های متمادی همچنان منزوی و جدا مانده بوده است.

شرح و روایت داروین از کشفیاتش، که جزئی از گزارش رسمی سفر اکتشافی به‌شمار می‌آمد، به طور جداگانه تحت عنوان *سفر دریایی بیگل* منتشر شد و در شمار کتاب‌های پر فروش درآمد. وی تأملات و اندیشه‌های خویش درباره‌ی آبسنگ‌های حلقوی مرجانی که به آن‌ها برخورده بود، به رشته‌ی تحریر درآورد. وی اظهارنظر کرد که چون مرجان فقط در آب‌های کم‌عمق رشد می‌کند، عمق زیادی که سنگ آهک مرجانی در آن یافت می‌شود در بسیاری جاها در زیر آبسنگ‌های حلقوی قرار داشته‌اند که به طور یکنواختی فرو رفته‌اند. در عین حال وی در خصوص اهمیت گسترده‌تر مشاهداتش در گالاپاگوس و جاهای دیگر به تأمل پرداخت. این ایده‌ها رو

به پختگی نهادند و طی بیش از ۲۰ سال تکوین یافتند تا این‌که سرانجام در سال ۱۸۵۹ با انتشار کتاب *منشأ گونه‌ها* همه‌ی آن‌ها را به جهانیان عرضه کرد.

داروین میراث دیگری را از زمانه‌ی خودش برگرفت. در حالی که در آفریقای جنوبی بارها حشرات او را گزیده بودند، به یک بیماری گرمسیری مبتلا شده بود. این بیماری کشنده نبود اما همواره طی حیات او را ضعیف و ضعیف‌تر کرد. وی با اِما و نخستین فرزند از ده کودکشان، به داون، روستایی خارج از لندن پناه برد و در آنجا زندگی آرامی را در پیش گرفت اما هرگز از کار کردن باز نایستاد. در همان جا بود که کتاب *منشأ گونه‌ها* شکل گرفت و تکوین یافت. ◄◄ ۱۸۵۹

ژان شارپانتیه و ینس اسمارک: چشم‌اندازهای یخی

۱۸۳۶ در سرتاسر قرن نوزدهم، بازیابی منظم و یکنواخت استخوان‌ها و سایر بازمانده‌های جانورانی که در گذشته‌های دور منقرض شده بودند این گمان را پیش آورد که آن شرایط بر روی زمین طی زمان به نحو دامنه‌داری تغییر یافته است. چرا این جانوران (و گیاهان) باید از بین رفته باشند؟ تکه‌های گیاهان بازمانده از عهد باستان در بستر ذغال سنگ مستلزم این بود که اقلیمی گرم‌تر و مرطوب‌تر از اقلیم کنونی بر کره‌ی زمین حاکم بوده باشد، که فسیل درختان نخل استوایی یافته شده در انگلستان بسیار دور از خط استوا، بر حقانیت این نظر تأکید می‌کرد.

در خلال همان ایام پنداری پیش آمد که بر پایه‌ی آن اقلیم در زمان‌هایی در گذشته بسی سردتر هم بوده است. قصه‌های عامیانه هم این گمان را تقویت می‌کرد. ظاهراً یک چوب‌بُر (درخت‌انداز) به ژان شارپانتیه، طبیعت‌شناس سویسی، گفته بود که یخسارهای رشته کوه‌های آلپ زمانی بسیار گسترده‌تر بوده‌اند، نه این‌که او این موضوع را به اعتبار تجربه‌ی شخصی خود دانسته باشد. اما کنجکاوی شارپانتیه برانگیخته شد و شروع کرد به گردآوری مدارک قانع‌کننده‌تر در این مورد.

ینس اسمارک هم در اسکاندیناوی کار مشابهی را در پیش گرفت. تا سال ۱۸۲٤ وی به این نتیجه رسیده بود که این یخسار (یخرود)ها زمانی قسمت عمده‌ی نروژ و دریای مجاور آن را می‌پوشانده است. تخته سنگ (گرداله)های عظیم در هیچ جایی قرار نداشتند («سنگ‌های سرگردان»)، گویی کشیده یا رانده و روی هم توده شده بودند. یخرفت‌ها، مسیرهای طویل سنگ‌ها معمولاً در اطراف یا درون یخسارها یافت می‌شدند، و چشم‌انداز را دور از هر گونه یخسار کنونی قطع می‌کردند. نواحی

گستره‌ی سنگ‌های بی‌کانه جلا یافته و صاف شده و یا شیارهای طولانی در آن‌ها برجستگی ایجاد کرده بود. بنا بر استدلال اسمارک، این‌ها همه تأثیر فعالیت یخ‌پهنه‌های گسترده و متحرک در هنگامی بودند که جهان بسیار سردتر بود. یخسارها ژرف‌دره‌هایی را هم در داخل صخره در امتداد ساحل بریده و ایجاد کرده بودند، که بعداً بالا آمدن سطح آب دریا موجب آب‌گرفتگی آن‌ها شده بودند و آبدره‌ها تشکیل شدند.

شارپانتیه در سویس انواع سرنخ‌های مشابهی را یافت. در سال ۱۸۳۶ وی هم‌وطن نامبردارش لویی آگاسیز (**۱۸۵۱**) را متقاعد کرد. آگاسیز، در کتابش *بررسی یخسارها* که در سال ۱۸٤۰ انتشار یافت، برای این دوره‌های زمانی طولانی سرمای شدید نام «عصر یخبندان» را برگزید. حتی با حمایت پرتحرک و سرشار از توانایی آگاسیز، «نظریه‌ی یخساری» با استقبال سردی مواجه شد. بسیاری از نخبگان و کارشناسان در برابر چنین ایده‌ی افراطی و ریشه‌نگری موضع مخالف اتخاذ کردند. آنان نمی‌توانستند اروپا را در زیر لایه‌های یخی به ضخامت صدها متر تصور کنند؛ یخ‌پهنه (یخ‌صفحه)های وسیع گرین‌لند، و آن‌ها که در قاره‌ی جنوبگان ناشناخته بودند، هنوز کشف نشده بودند.

سرانجام، این شواهد مسلم و انکارناپذیر شدند. تا سال ۱۹۰۰، انگشت‌شمار کسانی بودند که باز هم با آن مخالفت می‌ورزیدند. اما پرسش‌های عمده‌ای باقی مانده بود، از این جمله که چرا یخ چنین یکروند و پیگیر به تدریج کامل و به تدریج محو شده بود، نه یک باره و شاید هم چندین مرتبه. یکی از پاسخ‌های ممکن به این پرسش‌ها در سال **۱۹۲۰** داده شد (**کرول و میلانکوویچ**).

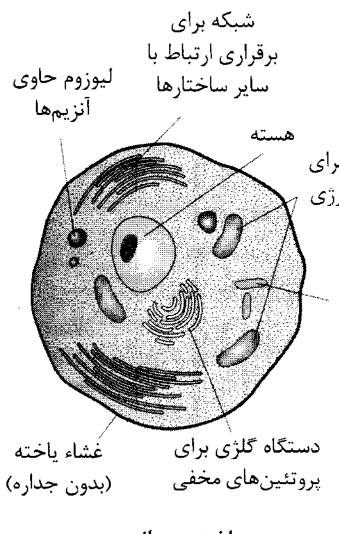
«تمامی یاخته‌ها از یاخته‌ها ناشی می‌شوند»

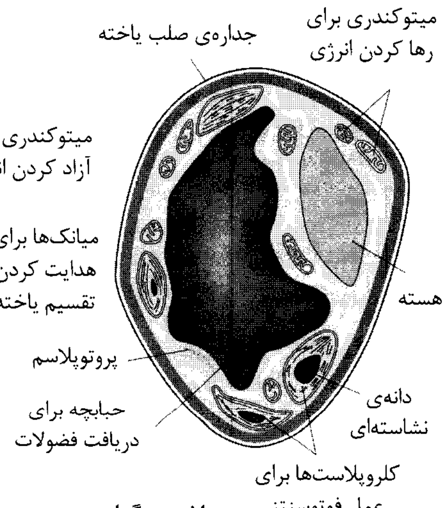
۱۸۳۸ می‌گویند که در سال ۱۹۳۸، تئودور سووان و ماتیاس اشلایدن، زیست‌شناسان آلمانی که شاگرد یکدیگر بودند، در حال نوشیدن قهوه داشتند گپ می‌زدند و درباره‌ی کارشان گفتگو می‌کردند. اشلایدن گزارشی را پی گرفته بود که رابرت براون (**۱۸۲۷**) زیست‌شناس انگلیسی ارائه داده بود و در آن گفته می‌شد که تمامی یاخته‌های گیاهی دارای نقطه یا لکه‌ی کدر و تیره‌ای‌اند که خود براون آن را هسته نامیده بود.

سووان در آن هنگام در کار پژوهش پیرامون بافت‌های جانوری، بخصوص جنین قورباغه، بود که در آنجا بعداً نخاع تکوین می‌یافت. «لکه‌های تیره‌ی» ریز فراوان بودند. از قرار معلوم، آن دو برای دیدن و بررسی کردن نمونه‌های سووان به آزمایشگاه او

رفتند. قطعاً «هسته‌ها»، اگر همان‌ها بودند که آن‌ها می‌پنداشتند، درست مانند هسته‌های یاخته‌های گیاهی اشلایدن بودند. لکه‌ها به طور منظم آرایش یافته بودند؛ سووان، با بررسی دقیق در زیر میکروسکوپ، گاهی توانست یک جداره یا غشای مبهم یا نامشخص را در پیرامون هر کدام از آن‌ها مشاهده کند.

موضوع دستگیرشان شد. سووان به محل زندگی‌اش بازگشت و ماجرای این کشف را به رشته‌ی تحریر درآورد، که آن را در سال ۱۸۳۹، متأسفانه بدون نام بردن از اشلایدن یا کسی دیگر منتشر کرد. تمامی موجودات زنده از تعداد بسیار زیادی واحدهای ساده و تقریباً یکسان ساخته می‌شوند. یاخته‌ها در موجودات زنده همان چیزهایی‌اند که اتم‌ها و مولکول‌ها برای ماده هستند. تمامی یاخته‌ها دارای جداره یا غشا و هسته‌اند. یاخته‌های یک ماهیچه باید متفاوت با یاخته‌های مغز به نظر برسند، اما تمامی یاخته‌های مغز یکسان‌اندو همین‌طور یاخته‌های ماهیچه.





تمام موجودات زنده از یاخته‌هایی درست می‌شوند که کوچک‌تر از آن هستند که با چشم غیرمسلح دیده شوند. دو نوع یاخته (گیاهی و جانوری) دارای برخی جنبه‌های مشترک‌اند: یک غشا یاخته‌ای، یک هسته و یک میتوکندری، یاخته‌های گیاهی کلروپلاست، حبابچه و یک جداره‌ی یاخته‌ای صلب (سخت) از جنس سلولز هم دارند؛ یاخته‌های جانوری یک دستگاه گلژی برای پنهان نگه داشتن پروتئین‌ها دارند. تمام یاخته‌ها از طریق تقسیم به دو یاخته، تکثیر می‌شوند.

«نظریه‌ی یاخته‌ها» پس از کوتاه زمانی نظر مساعد و موافقت همگان را جلب کرد. تمامی مدارک موجود دال بر صحت آن بودند؛ در واقع افراد بسیار زیادی، مانند گاسپار وولف (**۱۷۵۹**)، می‌توانستند به حق اعلام و ادعا کنند که برای نخستین بار به فکر این موضوع افتاده‌اند. یک پرسش و مسئله‌ی بزرگ باقی ماند: یاخته‌ها از کجا می‌آیند و چطور ساخته می‌شوند؟ پاسخ سووان به زودی رد شد. وی گفت آن‌ها (یاخته‌ها) از موادی شیمیایی که در همه جا پراکنده‌اند به وجود می‌آیند، همان روندی که درباره‌ی بلورها صادق است. این پاسخ خیلی شبیه به بینش «تولید مثل خود به‌خود» بود، که آن موقع هوادران زیاد داشت اما پس از کوتاه زمانی لویی پاستور (**۱۸٦۲**) و کسانی دیگر آن را به کناری نهادند.

به زودی شواهدی بر علیه این نظریه ارائه شد. هرگونه یاخته‌های جدیدی را می‌توان مشاهده کرد که از طریق تقسیم یاخته‌های موجود تشکیل شده‌اند. تا سال ۱۸۵۸، رودلف فیرشو، آسیب‌شناس آلمانی، آماده‌ی ارائه پاسخ درست و بدون هیچ ابهامی شد؛ «تمامی یاخته‌ها از یاخته‌های موجود به‌وجود می‌آیند»[۱]. هرگاه این کلام را در کنار بیان بعدی لویی پاستور قرار دهیم که بر علیه تولید مثل خودبه‌خود اظهار شد ــ «*کل حیات از حیات موجود ناشی می‌شود*» ــ حاکی از آن است که کل حیات با یاخته‌ها مرتبط است. آن ایده پیش از آن‌که قرن نوزدهم تمام شود به چالش گرفته شد (**۱۸۹۸ بئیرینک**).

فریدریش بسل: فاصله‌ی ستارگان از ما چقدر است؟

۱۸۳۸ فریدریش بسل هرگز در حوزه‌ی ستاره‌شناسی آموزش ندید. با همه‌ی این احوال به آن چیزی دست یافت که ستاره‌شناسان به مدت ۳۰۰ سال در جستجویش بودند؛ وی فاصله‌ی تا ستاره‌ی دیگر را مستقیماً اندازه گرفت. آن فاصله قبلاً فقط برآورد شده بود اما می‌دانستند که بسیار زیاد است.

بسل از چهارده سالگی در یک شرکت صادرات‌ـ واردات کالا کار می‌کرد. لازم بود که این شرکت بداند کشتی‌هایش در کجای دریا هستند؛ همین نیاز بسل را به سوی ستاره‌شناسی به عنوان راهی برای یافتن عرض و طول جغرافیایی هدایت کرد. وی به عنوان دستیار در رصدخانه کاری پیدا کرد و در زمینه‌ی یافتن موضع دقیق ستارگان کارهای چشمگیری کرد. همین کارها سمتی به عنوان مسئول رصدخانه در کونیسبرگ (که اکنون در روسیه واقع است) را برای وی تضمین کرد، و در آنجا وی در مدت

---

۱. *Omnis cellula e cellula*، عین کلام خود فیرشو به زبان لاتینی.

بیست سال موضع ۵۰,۰۰۰ ستاره را تعیین کرد.

اگر حق با نیکولا کوپرنیک (**۱۵۴۳**) بود که زمین هر یک سال یک بار خورشید را دور می‌زند، ما باید قادر باشیم که «*اختلاف منظر ستاره‌ای*» را مشاهده کنیم. این پدیده عبارت بود از لنگشی مختصر در موضع ظاهری یک ستاره‌ی نزدیک در مقابل ستارگان دورتر، که ناشی از تغییر نقطه‌ی دید ستاره‌شناسان روی زمین متحرک است. حتی با بهبود یافتن تلسکوپ‌ها، اختلاف منظر را کماکان نتوانستند آشکارسازی کنند. این امر نشان داد که حتی نزدیک‌ترین ستارگان باید در فواصل بسیار دوری واقع باشند. فقط دقیق‌ترین و موشکاف‌ترین رصدکنندگان می‌توانستند انتظار داشته باشند که اختلاف منظر را آشکارسازی کنند و شاید حتی آن‌ها هم نمی‌توانستند به این توفیق دست یابند. شاید اختلاف منظر اصلاً غیر قابل آشکارسازی بود.

بسل مرد لحظه‌ها بود. در سال ۱۸۳۸ در این مسابقه «برنده» شد. با بهره‌گیری از نتایج سال‌ها رصد، پی برد که دجاجه‌ی ٦۱ در مدت دوازده ماه به اندازه‌ای اندک ــ ۰/۳ یک ثانیه‌ی قوس ــ به پس و پیش در آسمان حرکت کرده است (در نظر بگیرید که کمان ناخن انگشت کوچک در دایره‌ای به شعاع طول دست، ۲۰۰۰ ثانیه‌ی قوس است). از اینجا فاصله‌ی ستاره سه «پارسک» یا، با معیاری آشناتر، کمی بیشتر از ۱۰ «سال نوری» به دست می‌آمد. نور با سرعت ۳۰۰,۰۰۰ کیلومتر بر ثانیه باید ده سال در فضا راه طی کند تا از ستاره‌ی دجاجه‌ی ٦۱ به زمین برسد.

ستاره‌شناس بزرگ انگلیسی، جان هرشل، با شنیدن این کشف آن را «بزرگ‌ترین، و باشکوه‌ترین پیروزی‌ای توصیف کرد که ستاره‌شناسی عملی شاهدش بوده است». در همان سال، افراد دیگری اختلاف منظر ستارگان نسر واقع و آلفا قنطورس را اندازه گرفتند. پی بردند که فاصله تا آلفا قنطورس فقط بیش از چهار سال نوری است و نزدیک‌ترین ستاره هم تا خورشید به شمار می‌آید. با توجه به این‌که طول شعاع مدار دورترین سیاره‌ی منظومه‌ی شمسی فقط چند ساعت نوری است، آشکارا می‌توانیم ملاحظه کنیم که فاصله‌ی بین ستارگان چقدر زیاد است. اگر خورشید ما به اندازه‌ی یک گوی کریکت فرض شود، پس فاصله‌ی ستاره‌ی بعدی تا آن ٦۰۰ متر خواهد بود.

جیمز راس: در جستجوی قطب‌های مغناطیسی

۱۹۳۹

در نیمه‌ی قرن نوزدهم، موضوع مغناطیس بار دیگر به انگیزه‌ای برای کشف تبدیل شد. قطب‌نمای مغناطیسی کماکان کلید ناوبری دریایی به‌شمار

می‌آمد، اما نیروی پیشرانه‌ی بخار و مصرف فزاینده‌ی آهن مسائل مشکل‌آفرینی را پدید آورده بود. آگاهی هرچه بیشتری درباره‌ی میدان مغناطیسی زمین، شدت و قدرت آن، میل و انحراف مغناطیسی در هر نقطه از دریا، و چگونگی تغییر هر کدام در گذر زمان، ضرورت پیدا کرد. ادموند هالی نخستین نقشه‌ها و نمودارها را در سال ۱۷۰۲ ترسیم کرده بود (**رفتار پیچیده‌ی قطب‌نمای هر روزی**)؛ اکنون این نمودارها و نقشه‌ها باید به روز می‌شدند.

یکی از هدف‌ها عبارت بود از تعیین موضع دقیق دو «قطب مغناطیسی»، که عقربه‌های قطب‌نما به سوی آن‌ها نشانه می‌رفتند. ژرار مرکاتور، نقشه‌ساز فلاندری، نخستین کسی بوده که وجود این قطب‌ها را حدس زد، و ویلیام گیلبرت انگلیسی (**۱۶۰۰**) فرض کرد که زمین کلاً شبیه یک آهنربای میله‌ای با دو سر (دو قطب) است. قطب‌های جغرافیایی اهمیتی به اندازه‌ی این قطب‌ها نداشتند.

جیمز راس، دریانورد انگلیسی، در سال ۱۸۳۱ قطب مغناطیسی شمال را یافته، و سپس موضع و مکان آن را در شمال کانادا تعیین کرده بود. در سال ۱۸۳۹ و با کشتی‌های کوچک، با بدنه‌ی چوبی اما به خوبی مجهز *اربا‌س* و *ترور*[1] به سوی جنوب روان شد. این کشتی‌ها نخستین کشتی‌هایی به شمار می‌آمدند که برای کار کردن و حرکت در یخ به نحو خاصی تقویت شده بودند. به این دلیل، سفر اکتشافی او از دیگران، از جمله هیئت فرانسوی تحت هدایت دومون د اورویل و آمریکایی به رهبری چارلز ویلکز، که تقریباً همزمان به این سفر اکتشافی اقدام کرده بودند، موفقیت‌آمیزتر بود.

راس، به یمن شرایط آب و هوایی مطلوب و سازگار از یخ‌های شناوری که راه جیمز کوک (**۱۷۶۹**) را سد کرده بودند، گذشت و، عمدتاً به یاری بخت خوش، به داخل خلیج بزرگی در کرانه‌ی جنوبی زلاند جدید، که اکنون دریای راس خوانده می‌شود، نفوذ کرد. بر جزیره‌ی راس دو آتشفشان، یکی فعال و یکی خاموش، را یافت، که او نام کشتی‌هایش را بر آن‌ها نهاد.

وی به نقطه‌ای در نزدیکی موضع قطب جنوب مغناطیسی رسید که فیزیکدان آلمانی، کارل گاوس، وجود آن را پیشگویی کرده بود، اما این مکان درون بوم، در بلندی‌های فلات میان کوهستان‌های پوشیده از یخ با شیب تند واقع بود. راس نتوانست به آن برسد. بیش از شصت سال سپری شد تا هیئتی اکتشافی به رهبری

1. Terror

داگلاس موسن استرالیایی در سال ۱۹۰۹ موفق به یافتن نقطه‌ای شد که در آنجا عقربه‌ی قطب‌نما مستقیماً متوجه زمین می‌شود.

قطب‌های مغناطیسی، بر خلاف قطب‌های جغرافیایی، ثابت و ساکن نیستند. این قطب‌ها، متأثر از برخی روندهای درازمدت نیروهای درون زمین که میدان مغناطیسی مولد آن هستند، حرکت می‌کنند و منحرف می‌شوند (یا می‌چرخند). از سال ۱۹۰۹ به بعد، قطب جنوب مغناطیسی صدها کیلومتر به سمت شمال جابه‌جا شده، و اکنون خارج از دریا واقع است.

یوستوس فون لیبیش: آموزش شیمی به جهان

۱۸۴۰ معلمان یوستوس فون لیبیش آلمانی، که به یکی از نام‌آورترین پژوهشگران و معلمان عصر خود تبدیل شد، او را «به نحو نومیدکننده‌ای به دردنخور و بی‌عرضه» می‌خواندند. وی ترجیح می‌داد اوقاتش را در آزمایشگاه زیرزمین فروشگاه پدرش بگذراند، که لوازم و مواد شیمیایی نقاشی ساختمان می‌فروخت. وی می‌توانست با ماده‌ای به نام نقره فولمینات که در آنجا موجود بود به انجام آزمایش بپردازد، که می‌توانست با صدای شدیدی منفجر شود و برای او اوضاع خطرناکی فراهم آورد. داستانی را نقل می‌کنند که وقتی پنجره‌ی کلاس مدرسه‌اش بر اثر انفجار مواد منفجره‌اش از جا کنده و به بیرون پرتاب شد، دوره‌ی تحصیلش در مدرسه به پایان رسید.

هوش و ذکاوت او بعداً ظاهر شد و خودنمایی کرد. پس از شاگردی کردن نزد ژوزف گی- لوساکِ فرانسوی مشهور (۱۸۰۸)، در بیست و یک سالگی به مقام استادیاری دانشگاه گیسن گمارده شد. به علت جوانی و نام‌آوری‌اش به عنوان دانش‌آموزی افراطی و تندرو، پذیرش اولیه‌اش از جانب اعضای هیئت آموزشی دانشگاه با برخورد خصمانه مواجه شد. در اواخر عمرش، به عنوان بزرگ‌ترین معلم زنده‌ی شیمی، با پیشگامی در رویکرد آزمایشی و تجربی روش‌مندی که به مدل پذیرفته شده‌ای تبدیل شد، او را به رسمیت شناختند و به بزرگی‌اش اذعان کردند. وی دانشجویانی از سرتاسر دنیا تربیت کرد، که چند تن از آنان بعداً در شیمی و زیست‌شناسی برنده‌ی جایزه‌ی نوبل شدند. دانشجویان آمریکایی‌اش در بازگشت به کشور خود بر پایه‌ی ایده‌های وی مراکز تحقیقاتی برپا کردند و دانشگاه‌های علوم کشاورزی بنیاد نهادند.

لیبیش به غایت اهل عمل بود؛ وی در زمینه‌ی کودهای مصنوعی مانند آمونیم نیترات کار کرد (کتابی در خصوص این مواد در سال ۱۸٤۰ انتشار داد) و به موضوع تغذیه‌ی انسانی پرداخت. شاید نخستین شیمیدان کاربردگرا بود، و به راه انداختن انقلاب در تولید مواد غذایی کمک کرد. اما گاهی هم به کلی دستخوش اشتباه می‌شد. مثلاً، استدلال کرد که انرژی فعالیت بدنی را پروتئین تأمین می‌کند و نه قندها یا چربی‌ها. حتی وقتی پروتئینی وجود نداشته باشد که مصرف شود، ادرار بعد از فعالیت جسمی حاوی نیتروژن است، که فقط می‌تواند از تحلیل بافت عضلانی حاصل شود. از این قرار است که ورزشکاران باید مقادیر زیادی پروتئین بخورند تا آسیب‌ها و کمبودهای جسمی خود را ترمیم و جبران کنند. مرجعیت وی چنان بود که یک سرمایه‌گذار متهور و دریادل در شرکت «*عصاره‌ی گوشت لیبیش*»، که شاید نخستین تولیدکننده‌ی مکمل پروتئینی باشد، سرمایه‌گذاری کرد.

حتی لیبیش هم از چالش در امان و مصون نبود. دو نفر متخصص فیزیولوژی آزمایش ساده‌ای انجام دادند. آنان مقدار نیتروژن موجود در ادرار کوهنوردی را پس از کوه‌پیمایی اندازه‌گیری کردند. این اندازه‌گیری نشان داد انرژی مصرفی کوهنورد نمی‌تواند از تجزیه‌ی پروتئین‌ها حاصل شده باشد. آشکار است که دست‌کم مقداری از این انرژی از چربی و قندها هم حاصل می‌شود. لیبیش هر چقدر هم که با ذکاوت و باهوش بود، آمادگی داشت در خصوص کار دیگرانی که خود او را به چالش می‌کشیدند جزم‌اندیش و آمرانه برخورد و نسبت به آن‌ها بی‌اعتنایی پیشه کند. به این سبب اعتبار و وجهه‌اش لطمه دید، اما عمده‌ی دستاوردهایش، بخصوص در مقام منبعی الهام‌بخش برای دیگران، باقی ماند. وی در عصر خودش به مثابه یک غول بود.

بیشترین بهره‌گیری از نور ستاره

۱۸۴۲ رشد و گسترش عکاسی از حدود سال ۱۸٤۰ هم یکی از پیامدهای اکتشاف‌های علمی بود و هم انگیزش پر دامنه‌ای برای آن به‌شمار می‌رفت. حالا دیگر اکتشاف‌هایی را که از طریق میکروسکوپ‌ها یا تلسکوپ‌ها می‌یافتند، می‌توانستند برای همیشه ثبت و ضبط کنند.

عکاسی به معنای «تصویرسازی با نور» است. در قرن هجدهم پی بردند که برخی ترکیب‌های حاوی نقره وقتی در معرض تابش نور قرار می‌گیرند، تیره و سیاه می‌شوند. یوهان ریتر از این اثر برای کشف نور فرابنفش سود جست (۱۸۰۲). هر

تصویری، برای این‌که مفید باشد، باید هم «ظاهر» (یعنی، مرئی و قابل دیدن) و هم «ثابت» (مصون از رنگ‌پریدگی) شود. فرایندهایی شیمیایی را برای این مقاصد ابداع کردند، که جان هرشل ستاره‌شناس در این رهگذر سهمی عمده ایفا کرد (**۱۸۳۲**).

ستاره‌شناسان از جمله‌ی نخستین کسانی بودند که از این ظرفیت جدید برای گرفتن عکس و ذخیره کردن آن بهره می‌بردند. نخستین تصویر از خورشید در سال ۱۸٤۰، از ماه در سال ۱۸٤۲ و از خوشه‌ی ستارگان در ۱۸۵۱ برداشته شد. ستاره‌شناسان و منجمان دیگر ناگزیر نبودند با مشقت و زحمت فراوان، مثلاً تصویر سطح ماه را، ترسیم کنند. می‌شد در یک شب و یا وقتی «دید» خوب بود، رصدهای بیشتری انجام داد. در سال‌های بعدی این قرن (نوزدهم) عکاسی رو به بهبود نهاد و شیشه‌ها و فیلم‌های گوناگون عکاسی هم حساس‌تر شدند و هم کاربردشان آسان شد؛ عکاسی نجومی هم توانایی بیشتری یافت و پیچیدگی آن هم افزون‌تر شد. این فرایند از قدرت چشم آدمی در گردآوری نور پیشی گرفت؛ می‌توانستند «شیشه‌ی عکاسی» را در معرض نور بخشی از آسمان به مدت چندین دقیقه و حتی ساعت‌ها قرار دهند و اشیاء کم‌سوی آسمان را به نحو فزاینده‌ای مرئی‌تر کنند.

تعداد ستارگان شناخته‌شده به شدت رو به افزایش نهاد. در منطقه‌ی خوشه‌ی پروین (ثریا، یا هفت خواهران)، آنجا که گالیله در سال **۱۶۱۰** با موفقیت ٤۰ ستاره را یافت که پیش‌تر از آن رؤیت نشده بودند، عکسی که در قرن نوزدهم گرفته شده بود وجود ۲۰۰۰ ستاره را آشکار کرد. عکس دیگری نشان داد که لکه‌ی مبهم و نامشخص نور در صورت فلکی امراةالمسلسله (زن شوی ندیده)، مشهور به «سحابی»، به شکل مارپیچ است ــ این از جمله‌ی کشف‌های مهم در پرتو رویدادهای بعدی به‌شمار می‌آید (**۱۹۲٤ هابل**). تا سال ۱۹۰۰، توانستند ۱۲۰,۰۰۰ سحابی از این دست را آشکارسازی کنند، که در پهنه‌ی آسمان پخش و پراکنده‌اند.

بهره‌گیری از عکاسی در کنار و همراه با فناوری دیگر نور، *طیف‌نمایی*، گسترش یافت (**۱۸۱٤**). جان هرشل تجزیه‌ی نور گسیلی از اجرام آسمانی را برای پی بردن به اجزای سازنده‌ی آن‌ها، پیشنهاد کرد. وقتی نور ستارگان را تجزیه کردند، «طیف‌ها» آشناتر و شناخته‌تر از کار درآمدند ــ طیف‌ها عبارت بودند از گستره‌های پیوسته‌ی رنگ که برخی خطوط تاریک مبهم آن‌ها را قطع می‌کردند؛ درست مانند طیف نور خورشید. از این رو، همان طور که انتظار می‌رفت، ستارگان در واقع خورشیدهای دیگری بودند که فواصل بسیار دور آن‌ها را ریز و خرد جلوه می‌داد. تفاوت‌های اندک بین طیف‌ها نشان می‌داد که همه‌ی ستارگان یکسان نیستند. برای یک ثبت دائمی،

می‌توان از طیف هر ستاره عکس گرفت.

سحابی‌ها به طور کلی معما بودند. کاورزِ پیشگام این حوزه ویلیام هاگینز، ستاره‌شناس انگلیسی، بود. ستاره‌شناسان، به رهبری و هدایت ویلیام هرشل، انگلیسی تأثیرگذار و متنفذ، فکر می‌کردند که این لکه‌های کم‌نور و مه‌آلود چیزی بیش از مجموعه‌ی گازهای آتشین و افروخته نیستند. از این‌رو هاگینز انتظار داشت خطوط درخشان و روشنی را در طیف‌هایی مشاهده کند که در طیف گازهای داغ در آزمایشگاه می‌توان دید. برخی سحابی‌ها این طیف را نشان دادند، اما تعداد زیادتری از آن‌ها طیف‌های پیوسته‌ی نوعی و معمولی ستارگان را بروز دادند. از این رو، بسیاری از سحابی‌ها حاوی ستارگانی بودند که چندان کم‌سو و چندان به هم نزدیک بودند که نمی‌شد آن‌ها را دید. راز و رمزها عمیق‌تر شد (**۱۹۲٤ هابل**).

کریستیان دوپلر / داپلر و اثرش

۱۸۴۲

برخوردار نبودن از سلامت کامل، کریستیان دوپلر را از پیگیری سنت و عرف خانوادگی و اختیار کردن پیشه‌ی سنگتراشی باز داشت. اگر این اتریشی دنبال آن شغل و پیشه می‌رفت، امروزه آدمی ناشناخته و گمنام می‌بود. حالا، نام او کاملاً آشناست. هرچند که در زمینه‌های گوناگون فیزیک و ریاضیات به تدریس و تحقیق پرداخت، اما عمدتاً به اعتبار اثر دوپلر در یادها مانده، که آن را در حدود سال ۱۸٤۲ به رشته‌ی تحریر درآورد. اکنون ایده‌ی بنیادی او بسی پر دامنه شده است: هر نوع حرکت موجی در هوا، آب یا حتی فضا، از حرکت منبع امواج یا حرکت گیرنده‌ی امواج متأثر می‌شود.

به امواج صوتی در هوا توجه کنید. اگر منبع صوت، مثلاً صدای آژیر آمبولانس، به سوی شما بیاید، امواج صوت گرایش دارند پیشاپیش آمبولانس روی یکدیگر جمع شوند، و به این ترتیب طول موج (فاصله‌ی قله تا قله) را کوتاه کنند. این کوتاه شدن طول موج بسامد آن‌ها را افزایش می‌دهد و از این رو ارتفاع (زیر و بمی) صدای آژیر را بالا می برد. به همین ترتیب اگر آمبولانس از ما در حال دور شدن باشد، امواج در پشت آن کش می‌آیند، و در نتیجه طول موج‌ها بلندتر و ارتفاع موج کوتاه‌تر خواهد شد. از این رو «اثر آژیر آمبولانس» پیش می‌آید؛ ارتفاع (زیر و بمی) صدای آژیر به مجرد آن‌که آمبولانس با شتاب از مقابل ما می‌گذرد، ناگاه افت می‌کند. بنا بر حکایتی که نقل می‌کنند، دوپلر اثر «خود» را با واگنی پر از نوازندگانی آزمایش کرد که در کنار

مسیر راه آهن ایستاده بود و آن واگن از آنجا عبور می‌کرد. ارتفاع صوت موسیقی نوازندگان داخل آن واگن در لحظه‌ای که از مقابل او عبور می‌کرد دقیقاً به مقداری افت کرد که او پیشگویی کرده بود.

در حال حاضر کاربردهای علمی اثر دوپلر فراوان است: روبشگرهای فراصوتی که می‌توانند سرعت جریان خون را در سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها اندازه بگیرند، دستگاه‌های رادار که می‌توانند سرعت باد و امواج را تعیین و اتومبیل‌هایی را که بیش از حد مجاز سرعت دارند، گرفتار کنند.

مطابق آنچه که خود دوپلر هم باور داشت، این اثر در مورد نور هم صادق است، که تغییر رنگ نور را نشان می‌دهد. اگر منبع نزدیک شود، رنگ آبی‌تر می‌شود (یعنی، بسامد تابش افزایش می‌یابد)؛ دور شدن سبب «*انتقال به سرخ*» (اثر هابل) می‌شود. این پدیده به ابزاری توانمند در نجوم تبدیل شده است. به اعتبار اثر انتقال به سرخ ثابت شده که جهان هستی در حال انبساط (**۱۹۲۹**) است و غیر از خورشید، سیاراتی در پیرامون ستارگان دیگر هم وجود دارند (**۱۹۹۵**).

مارسلَن برتولیه: سروسامان دادن به شیمی حیات

۱۸۴۵ کشف فریدریش وولر در سال **۱۸۲۸** مبنی بر این‌که ترکیب اوره‌ی مرتبط با فعالیت‌های حیاتی از لحاظ شیمیایی با آمونیم سیانات خالص کانی فراتر از وارد آمدن یک ضربه بر پیکر «حیات‌گرایی» بود؛ تفکر فلسفی‌ای قدیمی که بر مبنای آن موجودات زنده دارای کیفیتی ذاتی فراتر از کندوکاوهای علمی‌اند. این کشف نقطه‌ی آغاز بررسی‌های روش‌مند در گستره‌ی وسیعی از مواد شیمیایی بود که با حیات رابطه‌ی تنگاتنگ دارند و به آن‌ها مواد شیمیایی آلی می‌گویند، و به تلاش برای تولید آن‌ها در آزمایشگاه انجامید.

از میان نخستین چیزهایی که از عناصرش (کربن، اکسیژن و هیدروژن) ساخته شد (۱۸٤٥)، استیک اسید بود، که قبل از آن فقط در تخمیر شراب به وسیله‌ی مخمرها یافت می‌شود (و به این دلیل هم همگان به آن سرکه می‌گویند). قهرمان این میدان مارسلَن برتولیه، شیمیدان فرانسوی، بود که پدرش با لاووازیه همکار بوده است. وی از همان آغاز، الکل‌های گوناگون (باز هم تخمیر)، گاز متان (که از ذغال در معادن به صورت «گاز مرداب یا دُمه» رها می‌شود) و بنزن مایع (که نخستین بار مایکل فاراده آن را در روغن نهنگ یافته بود) تولید کرد. خط تفکیک بین مواد شیمیایی «آلی» و «غیرآلی» غالباً چنان به هم نزدیک بودند که تشخیص این‌که این خط در کجا قرار

دارد، دشوار بود.

اکثر ترکیب‌های آلی بسی پیچیده‌تر از این‌ها بودند. از قبل یک تفکیک سه‌گانه‌ی غیردقیق بین پروتئین‌ها، چربی‌ها، و قندها ترسیم شده بود. تمام این مواد حاوی کربن، اکسیژن و هیدروژن بودند؛ پروتئین‌ها نیتروژن هم داشتند. قندها حاوی اتم‌های هیدروژن و اکسیژن به نسبت دو به یک بودند، مانند آب، و از این رو عموماً به آن‌ها «کربوهیدرات» می‌گفتند.

به زودی پی بردند که حرارت دادن این ترکیب‌های بزرگ با اسید یا قلیایی ضعیف می‌تواند آن‌ها را تجزیه و به ترکیب‌های کوچک‌تر و ساده‌تری تبدیل کند. قبل از آن، در سال ۱۸۱۲، شیمیدانی روسی نشاسته‌ی کربوهیدراتی را با اسید حرارت داده و به قند بسیار ساده، که بعداً به آن گلوکز نام دادند، رسیده بود. هشت سال بعد یک شیمیدان فرانسوی همین کار را با ژلاتین پروتئین (حاصل از جوشاندن استخوان) انجام داد و ماده‌ی ساده‌ای را از آن جدا کرد که آن را گلیسین، یکی از نخستین آمینواسیدها (اسیدهای آمینه) نام نهاد. تقریباً در همان زمان، اسپاراگین را از مارچوبه و سیستین را از سنگ کلیه استخراج کردند. حتی چندی پیش از آن، شیمیدان فرانسوی دیگر همین کار را با چربی‌ها انجام داده، و اسیدهای چرب تولید کرده بود. به نظر می‌رسید که همه‌ی چربی‌ها از سه اسید چرب ساخته می‌شدند که با ترکیبی به نام گلیسرول جفت شده باشند.

> *هم‌اکنون شیمی آلی برای دیوانه کردن آدمی کافی است. این علم تأثیر جنگل استوایی کهنِ سرشار از استثنایی‌ترین موجودات، بیشه‌ای هول‌انگیز و بدون مرز، بدون راه گریز به انسان می‌بخشد که، او از وارد شدن در آن واهمه دارد.*
>
> فریدریش وولر (۱۸۸۵) در نامه‌ای به یونس برسلسیوس

برتولیه گام شگفت‌انگیز را به جلو برداشت. وی به سر هم کردن مقداری از این ترکیبات کوچک دست زد به طوری که در طبیعت یافت نمی‌شد. مثلاً، گلیسرول را با ترکیب‌هایی درآمیخت که شبیه به اسیدهای چرب رفتار می‌کردند اما از چربی‌ها استخراج نشده بود. وی به «چربی‌های مصنوعی» رسید، ترکیب‌هایی که آشکارا در همان خانواده‌ای قرار داشتند که چربی‌های طبیعی قرار داشتند، اما طبیعت هرگز آن

را نساخته بود. این شیمیدان توانست کاری را انجام دهد که طبیعت نتوانسته بود، و این کار را بدون یاری گرفتن از «ارواح حیاتی» انجام داده بود. «حیات‌گرایی یا حیات‌باوری» اکنون دیگر مرده و به خاک سپرده شده بود؛ و علم جدید «شیمی آلی» به جای آن نشسته بود، که عبارت می‌شد از مطالعه‌ی روش‌مند ترکیب‌های ساخته شده از موجودات زنده، که تمامی آن ترکیبی بود از کربن. به نظر می‌رسید سرانجام تمام راز و رمزهای آن آشکار خواهند شد.

مایکل فاراده: برقراری پیوند الکترومغناطیس با نور

۱۸۴۵ مایکل فاراده، فیزیکدان انگلیسی (**۱۸۱۳**) از اعضای متدین گروه کلیسایی کوچک به نام سَندمَنز بود. ایمان او را به فروتنی و افتادگی هدایت می‌کرد؛ فاراده از پذیرفتن لقب اشرافی و ریاست انجمن سلطنتی امتناع ورزید.

متأثر از عقاید مذهبی‌اش به وحدت طبیعت باور داشت که قسمت عمده‌ی کارهایش را نیز همین اعتقاد هدایت کرد. در سال **۱۸۳۱** وی از طریق کشف القای الکترومغناطیسی وحدت الکتریسیته را تکمیل کرد؛ تا سال **۱۸۳٤** بین شیمی و الکتریسیته از طریق پژوهش‌های او پیوند مستحکمی برقرار شد. دستاوردی باز هم عظیم‌تر، که الکترومغناطیس و نور را یکجا جمع کرد، باید تا بهبودی وی از بیماری حمله‌ی عصبی منتظر می‌شد؛ این بیماری پیامد شتاب بی‌امان کار و تلاش او به‌شمار می‌آمد.

در سال ۱۸٤۵ که فاراده به کار جدی در مؤسسه‌ی سلطنتی برگشت، نامه‌ای از لرد کلوین (**۱۸٤٦**) دریافت کرد که وی در آن اظهار می‌داشت پرتوهای نور را برهم‌کنش میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی برمی‌انگیزند. این میدان‌ها عمود بر جهت حرکت پرتو به عقب و جلو ارتعاش می‌کنند. وقتی نور «قطبیده» می‌شود، میدان الکتریکی در فضا جهت ثابتی («صفحه‌ی قطبش») دارد، که میدان مغناطیسی بر آن عمود است. از این‌رو یک میدان مغناطیسی خارجی قوی باید میدان مغناطیسی داخلی پرتو نور را بپیچاند و به این ترتیب صفحه‌ی قطبش مربوطه را می‌چرخاند. این جابه‌جایی را می‌شود مستقیماً اندازه‌گیری کرد (**۱۸۰۸ مالوس**). به نظر کلوین، فاراده بزرگ‌ترین فیزیکدان تجربی زمان خود بود؛ هیچکس برای یافتن اثر کلوین مناسب‌تر از فاراده نبود.

فاراده قبلاً در پی این اثر گشته بود؛ پیوند الکتریسیته- مغناطیس- نور در واقع ایده‌ی نوی نبود. شاید اکنون می‌توانست اثبات شود. فاراده، به تحریک کلوین، دوباره کار در این حوزه را آغاز کرد؛ و این بار آن را یافت. یک میدان مغناطیسی قوی از

طریق یک تکه شیشه‌ی موازی با پرتو نور صفحه‌ی قطبش را برگرداند، همان اثری که امروزه به آن «چرخش فاراده» می‌گویند. هرچه این میدان قوی‌تر می‌شد، صفحه بیشتر جابه‌جایی پیدا می‌کرد. از این رو نور در واقع به الکترومغناطیس وابسته می‌شد.

این یافته، در کنار بسیاری از کشف‌های دیگر فاراده، به ویزارد جیمز کلرک مکسول، ریاضیدان اسکاتلندی (**۱۸۷۱**) الهام بخشید. وی نه تنها از لحاظ ریاضی اثبات کرد که نور یک موج الکترومغناطیسی است، بلکه پیشگویی هم کرد که سایر شکل‌هایی از چنین موج‌هایی هم وجود دارد. در سال **۱۸۸۸** هاینریش هرتز این امواج را یافت، که بعداً امواج رادیویی نامیده شد. این یافته تا جایی، همان موجک‌هایی بودند که از آزمایشگاه فاراده سر برآوردند.

چرخش فاراده یکی از آخرین کشف‌های عمده‌ی او بود. از نیمه‌ی دهه‌ی ۱۸۵۰، توان جسمی و ذهنی فاراده رو به افول نهاد؛ وی در سال ۱۸٦۷ در ٧٦ سالگی درگذشت. پیوند او با مؤسسه‌ی سلطنتی بیش از نیم قرن تداوم یافت.

در جستجوی نپتون: انگلیس بر علیه فرانسه

۱۸۴۶

کشف سیاره‌ی اورانوس به دست ویلیام هرشل در سال **۱۷۸۱** اندازه‌ی منظومه‌ی شمسی را دو برابر کرده و تعداد سیارات شناخته شده‌ی آن را از شش به هفت افزایش داده بود. در آن موقع هیچکس انتظار وجود سیاره‌ی جدیدی را نداشت؛ هرشل آن را به تصادف یافت. هیچکس نمی‌دانست آیا سیارات دیگری وجود دارند یا خیر، اما نگاهی دقیق به اورانوس انداخته شد در حالی که این سیاره آهسته به گردش هشتاد و چهار ساله‌ی خود به دور خورشید مشغول بود.

پس از کوتاه زمانی آشکار شد که باید چیز دیگری در آن تاریک‌روشن خارجی وجود داشته باشد. یوهانس کپلر (**۱٦۰۹**) قاطعانه اظهار کرده بود که سیارت مسیری دقیق را، به نام بیضی، طی می‌کنند. ایزاک نیوتون درستی این نظر را اثبات کرده بود، زیرا نیروی گرانشی خورشید تنها نیروی مهم و تأثیرگذار به‌شمار می‌آمد. به نظر می‌رسید اورانوس ایده‌های دیگری در سر دارد. این سیاره انحراف چشمگیری از مسیر مورد انتظارش را آغاز کرد، و تنها توضیح معقول برای این حرکت وجود سیاره‌ی دیگری، باز هم دورتر از اورانوس تا خورشید، بود که آن را (اورانوس) از مسیرش منحرف می‌کرد. چنین پیچیدگی‌ای در «مکانیک آسمانی» بود که دو ریاضیدان، جان کوچ آدامز در بریتانیا و اوربن لِوِریه در فرانسه، را توانایی بخشید

محاسبه کنند سیاره‌ی جدید در کجا باید باشد. نشانه‌گیری یک تلسکوپ به سوی آن و یافتنش ساده به نظر می‌رسید.

آدامز، که نخستین نفر بود که محاسباتش را تکمیل کرد، تلاش کرد جورج آیری، منجم سلطنتی، را ترغیب کند نگاهی به این محاسبات بیندازد، اما آیری فکر می‌کرد که رصدخانه‌ی سلطنتی در گرینویچ باید به دقت نگهداری و ناوبری وفادار باشد و از آن عدول نکند. وقتی محاسبات لوریه چند سالی بعد منتشر شد و پیشگویی آدامز را تأیید کرد، او نظر خود را تغییر داد. وی به سرعت از رصدخانه دانشگاه کمبریج خواست که در این مورد تحقیق کند، اما بسیار دیر شده بود. در ۲۷ سپتامبر ۱۸٤٦، جان گیل با تعیین مکان سیاره‌ی هشتم کار بزرگی انجام داد. نپتون، که سیاره‌ی هشتم پس از کوتاه‌زمانی به این نام خوانده شد، ثابت شد که خیلی دورتر از اورانوس است و تقریباً دو برابر زمان گردش اورانوس به دور خورشید، یک سال خود را (۱٦٥ سال) تکمیل می‌کند.

گِیل این سیاره را در همان نخستین شبی که به آسمان نگریست، پیدا کرد. کمبریج در واقع این سیاره را، که مانند ستاره‌ای کم‌سو به نظر می‌رسید، چهار بار در خلال جستجو و رصدهایش دیده بود اما در شناسایی و تعیین هویت آن کوتاهی کرده بود. با همه‌ی این احوال، وقتی معلوم شد که فرانسویان و آلمانی‌ها برای ربودن جایزه بر بریتانیایی‌ها پیشی جسته‌اند و مقصر اصلی در این زمینه منجم سلطنتی است، یک رسوایی ملی پدید آمد.

در ظرف چند ماه، پی بردند که نپتون تنها نیست. یک قمر همدم برای آن یافتند و به خاطر شاخ عظیمی که مشهور بود خدای دریاها در آن می‌دمد، آن را تریتون نامیدند. تریتون را یک فرانسوی کشف کرد.

لرد کلوین: آن بزرگ‌مرد

۱۸۴۶ ویلیام تامسون ایرلندی‌تبار، لرد کلوین بعدی، یکی از نمادهای علم قرن نوزدهم به‌شمار می‌آید. وی به همه‌ی لقب‌های اشرافی نایل آمد: در ٤۲ سالگی لرد شد، در هفتاد سالگی به لقب بارونی مفتخر شد، از نخستین کسانی بود که به مرتبه‌ی شایستگی، ریاست انجمن سلطنتی نایل آمد، چندین نشان و درجه‌ی افتخار دریافت کرد، و سرانجام در کلیسای وست مینستر در جوار آیزاک نیوتون به خاک سپرده شد. به مدت ٥۳ سال از ۱۸٤٦ کرسی فلسفه‌ی طبیعی در دانشگاه گلاسکو به

وی تعلق داشت. سالگرد نشستن‌اش بر این کرسی (که آن زمان فقط ۲۲ سال داشت) در ۱۸۹۶ با اجتماع بی‌سابقه‌ی افراد سرشناس و برجسته جشن گرفته شد.

این تقدیر لاجرم حاصل دوره‌ای کاری بود که وی در خلال آن در همه‌ی حوزه‌های علم فیزیک دوران خودش سهیم بود. کسان دیگری دوره‌ی حرفه‌ای و شهرت و آوازه‌ی خود را بر پایه‌ی ایده‌هایی استوار کردند که از کلوین مانند «جرقه‌هایی که از سندان او می‌جهیدند»، در مقام مفسر و شارح، جاری شده بود. کارهایش در زمینه‌ی قوانین ترمودینامیک (۱۸۶۵) و در خصوص تعیین صفر مطلق (۱۸۴۸)، اگر در آن زمان جایزه‌ی نوبل برقرار بود، احتمالاً برایش این جایزه را به ارمغان می‌آوردند. وی بر اهمیت حیاتی تحقیق و پژوهش در زمانی واقف بود که تنها آزمایشگاه‌های مجهز در بریتانیا در مؤسسه‌ی سلطنتی در لندن مستقر بودند؛ در گلاسکو در زیرزمین یک پیاله‌فروشی شروع به آزمایش کرد.

کلوین در فناوری نیز تأثیرگذار بود. معرفت او در حوزه‌ی روابط فیزیکی و ریاضی جریان‌های الکتریکی در سیم‌های خیلی دراز اتصال کابل تلگراف این سو تا آن سوی اقیانوس اطلس را در سال ۱۸۶۹ میسر کرد؛ وی قطعات حیاتی این تجهیزات، چون گالوانومتر و ثبات سیفونی، را ابداع کرد. کلوین دستگاه‌هایی را برای اندازه‌گیری، تجزیه و تحلیل کردن و شبیه‌سازی کردن الگوهای پیچیده‌ی کشندهای اقیانوسی را ساخته و پرداخته کرد. این دستگاه‌ها نخستین «کامپیوترهای قیاسی» به‌شمار می‌آمدند، که مدت‌های طولانی پیش از آن ساخته شدند که حتی کسی به فکرش افتاده باشد.

> *غالباً می‌گویم که وقتی بتوانید چیزی را که درباره‌اش صحبت می‌کنید، اندازه بگیرید، و آن را به صورت عدد بیان کنید، چیزهایی درباره‌ی آن می‌دانید؛ اما وقتی نتوانید آن را اندازه‌گیری کنید، وقتی نتوانید آن را در قالب اعداد بیان کنید، معلومات و معرفت شما ناچیز و اندک و از نوع غیر قابل قبول است.*
>
> لرد کلوین

شاید از همه مهم‌تر، ذهن کلوین در تمامی دوره‌ی فعالیت‌های حرفه‌ای‌اش مشغول اندازه‌گیری‌ها و استانداردهای دقیق بود، که همین اشتغال ذهنی را به همکارانش نیز تسری بخشید. زمانی گفت که «فقط وقتی می‌توانید چیزی را اندازه بگیرید که

اطلاعاتی واقعی درباره‌ی آن در اختیار داشته باشید». وی درباره‌ی مباحث دیگر هم سخنان زیادی بر زبان رانده، که باید آرزو کرد کاش برخی از آن‌ها از دهانش بیرون نیامده بود (۱۹۰۰). ◄◄ ۱۸٤۸

لویی پاستور: «دست گرایش» طبیعت

۱۸۴۷ لویی پاستور دانشمند بزرگ دیگری به‌شمار می‌آید که در کودکی و نوجوانی کوچک‌ترین نشانه‌ای از آینده‌ی درخشانش را بروز نداد. آموزگارانش این پسر یک دباغ فقیر فرانسوی را «متوسط و پیش پا افتاده» توصیف می‌کردند. با همه‌ی این احوال وی در دانشگاه چندان خوب کار کرد که به کسب درجه‌ی دکتری شیمی نایل آمد و به عنوان شیمیدان به کار مشغول شود.

وی در ابتدا در سال ۱۸٤۷ (در ۲۷ سالگی) از طریق مطالعه و بررسی تارتاریک اسید، که در «دُرد» شراب آن را یافت (موضوع مناسبی برای یک فرانسوی و موضوعی که چندین بار به آن برگشت)، برای خودش نام و آوازه‌ای دست و پا کرد. وی بلورهایی از این اسید ساخت و آن را به چندین طریق، از جمله با «نور قطبیده» (**۱۸۰۸ مالوس**)، آزمایش کرد. به طور مختصر، میدان الکتریکی باریکه‌ی نور را از یک پهلو به پهلوی دیگر، و به طور کلی در تمام زاویه‌ها، به نوسان وامی‌دارد. نور می‌تواند در هنگام عبور از یک پالایه‌ی خاص، که امکان جلو و عقب رفتن میدان الکتریکی فقط در یک جهت را به نام صفحه‌ی قطبش فراهم می‌آورد، «قطبیده» شود.

پاستور یک پرتو نور را از طریق محلول تارتاریک اسید خود عبور داد، و پی برد که صفحه‌ی قطبش اکنون در جهتی اندکی مختلف حرکت کرده (به راست «چرخیده» بوده) است. درست همزمان با این، مایکل فاراده در انگلستان پی برد که میدان‌های مغناطیسی هم تأثیر مشابهی دارند (**۱۸٤۵**). تارتاریک اسید را، مانند همه‌ی مواد شیمیایی مرتبط با موجودات زنده (**۱۸۲۸**)، می‌شد از طریق فرایندهای شیمیایی نیز تولید کرد. پاستور دستخوش شگفتی و حیرت شد؛ اسیدی که از طریق شیمیایی درست شده بود بر نور قطبیده اثر نمی‌نهاد. وی انبوهی از بلورها را زیر میکروسکوپ بررسی کرد. با کمال تعجب تصویر آینه‌ای دو نوع از بلورها را مشاهده کرد، که شکل‌شان یکسان اما برعکس یکدیگرند، گویی یک نوع از آن‌ها تصویر نوع دیگر در آینه است.

وی با زحمت زیاد این دو نوع را به دو کُپه تقسیم و جدا کرد، و از هر کدام محلول درست کرد. یکی از شکل‌های این اسید صفحه‌ی قطبش را به چپ، و دیگری

آن را به راست، می‌گرداند. تارتاریک اسیدی که در فرایند شیمیایی تولید شده بود عبارت بود از آمیزه‌ای از هر دو نوع و در نتیجه هیچ اتفاقی در آزمایش در آن نمی‌افتاد. از آنجا که شکل بلورها شکل یا آرایش مولکول‌های درونی آن‌ها را منعکس می‌کرد (**۱۷۸٤**)، آن مولکول‌ها باید مشابه اما متفاوت می‌بودند، مانند لنگه‌ی دستکش چپ و لنگه‌ی دستکش راست.

پاستور به حقیقت ژرفی در طبیعت پی برده بود: طبیعت «لنگه و فردی» است. از زمان پاستور به بعد، یکصد و پنجاه سال تحقیق نشان داده است که اکثر مواد شیمیایی که از طبیعت استخراج می‌شوند دارای ویژگی فردی یکسانی‌اند. انواع چپ دست برخی مواد شیمیایی آلی را می‌توان به آسانی در آزمایشگاه تولید کرد، اما آن‌ها که از موجودات زنده به دست می‌آیند چنین نیستند؛ این‌ها فقط نوع راست‌دست‌اند. در مورد سایر مواد شیمیایی آلی، عکس این امر صادق است؛ موادی که در طبیعت یافت می‌شوند چپ‌دست هستند. علت این امر چیست؟ برای پاسخ دادن به این پرسش باید به زمان‌های بسیار دور تاریخ حیات کره‌ی زمین برگردیم. ◄◄ **۱۸۵٦**

ایگناتس زمل‌وایس: «پزشکان باید دستشان را بشویند.»

۱۸۴۷

«تب زایمان» بیماری خطرناکی در زایشگاه‌های قرن نوزدهم به‌شمار می‌آمد، که از هر ده زنی که در روزهای اول زایمان خود بودند، یک نفرشان را هلاک می‌کرد. به نظر اکثر پزشکان آن روزگار، برای این معضل نمی‌شد هیچ چاره‌ای اندیشید، زیرا هیچگونه ایده و نظری نسبت به علت آن نداشتند. ایگناتس زمل‌وایس متخصص زایمان مجاری‌تبار با این برخورد موافق نبود. در سال ۱۸٤۷، در حالی که در زایشگاه بزرگ وین کار می‌کرد، متوجه شد که بین دو بخش بیمارستان میزان مرگ و میر، از حدود ۲ درصد تا بیش از ۱۳ درصد، تغییر می‌کند. بیماران بستری در این بخش‌ها شبیه بودند و روش‌های همانند هم درباره‌ی آن‌ها اعمال می‌شد. زمل‌وایس بر آن شد که در خصوص این اختلاف‌ها کندوکاو کند، هرچند که این پژوهش‌ها مخالف رأی مدیران بیمارستان بود که فکر می‌کردند این تلاش کاری بیهوده است.

زمل‌وایس پس از کوتاه مدتی به توضیحی احتمالی برای این امر دست یافت. در بخشی که میزان مرگ و میر در آن بالا بود دانشجویانی پزشکی آموزش می‌دیدند که ناچار بودند مادرانی را که بر اثر ابتلا به این تب مرده بودند، کالبدشکافی کنند. در بخش دیگر ماماها آموزش می‌دیدند. شاید پزشکان، مستقیماً از تالار کالبدشکافی به

زایشگاه می‌رفتند، و دست آنان برخی «ذرات عفونی» را که عامل این تب مرگ‌آور بودند، به مادران نوزا منتقل می‌کردند. وقتی دانشجویان بخش زمل‌وایس دستانشان را با مایع آهک کلردار شستند، نرخ مرگ و میر به نحو فاحشی تا فقط ۲ درصد افت کرد. شستن ابزار جراحی پیش از عمل این میزان را تا کم‌تر از یک درصد پایین آورد.

همکارانش به حد کافی بر موفقیت‌های او مُهر تأیید نزدند. بسیاری از آن‌ها فکر می‌کردند که این بیماری، ناشی از «بخارات بدبو» (**۱۸۵٤ اسنو**) یا «عدم تعادل در اخلاط چهارگانه» است، و شستن دست کوچک‌ترین تأثیری بر آن‌ها نمی‌گذارد. افزون بر این‌ها، در میان بیماران هم این تصور وجود داشت که شستن دستان برای پزشکانی که مشغله‌ی زیادی دارند، کار وقت‌گیری است. زمل وایس نمی‌توانست از ایده‌های خود به نحو قانع‌کننده‌ای دفاع کند، و در دفاع از آرای خود در جمع اکراه داشت. شاید بسیاری از پزشکان نظرات او را به این علت نپذیرفتند که موضوع نیاز به این داشت که تشخیص داده شود روش‌های پذیرفته شده‌ی پیشین موجب مردن بسیاری از بیماران شده است.

زمل‌وایس که در وین طرد شد، و شاید هم به خاطر ناچیز بودن دستمزد، به مجارستان بازگشت. وی در آنجا طبابت موفقی برپا کرد و آوازه‌ی نیکی به هم زد و نشان داد که روش‌هایش در کاهش مرگ‌های ناشی از زایمان تا چه حد مؤثر است، اما به بیماری روانی مبتلا شد و در حالی که فقط ٤٧ سال از عمرش می‌گذشت، با زندگی وداع گفت. افسانه‌ای شایع شد که او بر اثر ابتلا به تب زایمان، که به صورت زخم فشرده شده‌ای روی دستش بروز کرده بود، درگذشته است. از آن پس، کارهای لویی پاستور (**۱۸٦۲**) و دیگران بنیاد مستحکمی تحت عنوان «نظریه‌ی میکروبی» بیماری‌ها بنا نهاد و نوع «ذرات عفونت‌زایی» را یافت که بیماری را شایع می‌کرد. سرانجام، نهاد پزشکی یافته‌های زمل‌وایس را پذیرفت، که به جلوگیری از مرگ و میر مادران جوان انجامید.

اِرل راس: هیولای (لِویاتان) پارسونز تاون

۱۸۴۷ از زمانی که گالیله و دیگران در سال **۱٦۱۰** برای کاوش آسمان‌های شب از تلسکوپ بهره جسته بودند، اندازه و توان این وسیله بسی رشد کرده و بر پیچیدگی آن افزوده شده بود. اندازه همیشه عامل مهمی به‌شمار می‌آمد: تلسکوپ‌های بزرگ‌تر با آینه‌ها و عدسی‌های وسیع‌تر قادر بودند نور بیشتری جذب کنند، فواصل دورتر را ببینند، اشیای آسمانی کم‌سوتری را منعکس کنند و نقشه‌هایی با جزئیات

دقیق‌تر ترسیم کنند. این‌ها گران‌تر هم بودند، و استفاده از آن‌ها دشوارتر هم بود، اما «پیش رفتن به سوی گشودگی تلسکوپ» ادامه داشت. این پیشروی در سال **۱۷۸۹** با ساختمان غول‌آسای ویلیام هرشل در اسلاو، غرب لندن، با لوله‌ای به درازای ۱۲ متر و قطری بیشتر از یک متر به اوج خود رسید. حتی خود هرشل غالباً به آنجا می‌رسید که این تلسکوپ بیشتر از آن‌که بیارزد، زحمت دارد.

این تلسکوپ هرشل فقط با ترکیب شور و هیجان با ثروت گزاف بهبود یافت و اصلاح شد. ویلیام پارسونز، زمین‌دار ایرلندی، ارل راس، می‌خواست بزرگ ترین تلسکوپی که تا آن موقع درست شده بود، ساخته شود. تا سال ۱۸٤۷، علیرغم تأخیرهای ناشی از قحطی سیب‌زمینی، وی کماکان خواهان انجام این کار بود. «هیولای پارسونزتاون» لوله‌ای بیست متری و آینه‌ای فلزی صیقلی به قطر ۲ متر داشت (آینه‌های شیشه‌ای نقره‌اندود هنوز در دسترس نبودند). این ابزار غول‌پیکر نمی‌توانست به سوی تمام بخش‌های آسمان نشانه رود؛ در عوض چنان از دیواره‌های سنگی و داربست چوبی آویزان بود که می‌شد به مدت دو ساعتی که ستارگان و سیارات از بالای سر عبور می‌کردند، آن‌ها را مشاهده کرد.

این تلسکوپ با شکوه تمام وظیفه‌اش را اجرا می‌کرد. ستارگانی را قابل دیدن می‌کرد که اگر با چشم غیرمسلح دیده می‌شدند، ۱۰,۰۰۰ بار کم‌سوتر بودند. راس توانست دهانه‌های آتشفشان و جویبارهای کوچک را بر سطح ماه، جزئیات جدید و دقیق در سطح مریخ، مشتری و زحل را با این تلسکوپ ببیند. در سال **۱۸۷۷**، این هیولا (لویاتان) وجود قمرهای نویافته‌ی مریخ را تأیید کرد.

تأثیر عظیم آن خارج از محدوده‌ی ستارگان بود. بخشی از سحابی‌های کم‌سو (**۱۷۵۰**) از لکه‌های بی‌شکل به مارپیچ‌های درخشان و محسورکننده‌ی نور تبدیل شدند. پس از کوتاه زمانی صدها سحابی از این سحابی‌های «مارپیچ» شناخته شدند. به این طریق شواهدی در تأیید اظهارات ایمانوئل کانت در صد سال پیش از آن (**۱۷۵۰**) فراهم آمد که ادعا کرده بود در میان سحابی‌ها «عالَم‌های جزیره‌ای» وجود می‌داشتند، که همگی مجتمعی از ستارگان بودند که بر فراز آن سحابی‌ای قرار دارد که ما در آن زیست می‌کنیم. این ادعا و نظر کماکان به صورت اندیشه و فکری ریشه‌نگر باقی ماند، و اکثر ستاره‌شناسان از پذیرش آن سر باز زدند، تا این‌که هشتاد سال دیگر سپری شود (**۱۹۲٤**).

عمر لویاتان نسبتاً کوتاه بود. هزینه‌های نگهداری و سایر عوامل در حدود سال ۱۸۷۸ آن را از مدار خدمت خارج کرد، هرچند که هیچ چیزی از لحاظ ابعاد و اندازه

به مدت هفتاد سال دیگر از آن پیشی نگرفت. این تلسکوپ اکنون نیز در بخش‌های میانی ایرلند پابرجاست و اخیراً برای گردشگران مجدداً فعال شده است.

جیمز ژول: کار گرما و گرما کار است

۱۸۴۷ هر کسی که با رژیم غذایی سروکار داشته باشد نام جیمز ژول، آبجوساز پاره‌وقت و فیزیکدان تمام وقت منچستری را شنیده است. نام او (که ضرب در هزار می‌شود «کیلوژول») یکای اندازه‌گیری محتوای انرژی غذاست. انرژی در تمامی شکل‌هایش در حال حاضر بر حسب ژول اندازه‌گیری می‌شود.

ژول علم را نزد جان دالتون (۱۸۰۱)، مبتکر «نظریه‌ی اتمی» و پرآوازه‌ترین شهروند منچستر، فرا گرفته بود. یک موتور الکتریکی در آبجوسازی جرقه‌های توجه ژول به «انرژی» (اصطلاحی جدید در زمانه‌ی او) و خویشاوند نزدیکش «کار» را روشن کرد، و او را به تلاش وا داشت که بین آن‌ها هر دو با «گرما» رابطه و پیوند برقرار کند. ژول هم مانند بسیاری از دانشمندان هم‌روزگارش مسیحی مؤمنی بود. شاید به واسطه‌ی میل و شوقی درونی در پی آن بود که وحدت و یگانگی بین پدیده‌های واگرای طبیعت برقرار کند.

ژول می‌دانست که بالا بردن یک وزنه در قبال کشش گرانشی مستلزم انجام کار است، و از این رو وزنه‌ای در حال سقوط انرژی به وجود می‌آورد (در دسترس قرار می‌دهد). وی این را هم می‌دانست که «انرژی» گرمایی آب را داغ می‌کند. از این رو ابزاری هوشمندانه ساخت که در آن وزنه‌های در حال سقوط پره‌هایی را به هم زدن آب در یک ظرف عایق‌بندی وامی‌داشت و آب را گرم می‌کرد. وی انرژی آزاد شده از وزنه سقوطی را با گرمایی مقایسه کرد که بالا رفتن دمای آب آن را نشان می‌داد. وی در خلال دهه‌ی ۱۸٤۰ چندین بار این آزمایش را انجام داد، که معلوم شد نسبت بین این دو همواره یکسان است. بنا بر یک فرمول، هر چه کار بیشتری انجام می‌شد گرمای بیشتری به وجود می‌آمد. ژول بین کار و گرما وجود یک «آهنگ مبادله‌ی» ثابت را اثبات کرده بود، که آن را «معادل مکانیکی گرما» نامید، و دیگران به آن معادل ژول گفته‌اند.

به بیانی ژرف‌تر، کار/ انرژی و گرما دو روی یک سکه بودند. اکنون «گرما کار و کار گرماست» بیانگر قانون اول ترمودینامیک است. مثلاً از طریق یک ماشین بخار، کار می‌تواند به گرما و گرما می‌تواند به کار تبدیل شود، اما (و این بسیار مهم است) در این تبدیل‌ها هیچ چیزی هرگز از بین نمی‌رود. انرژی نمی‌تواند از بین برود یا به

وجود آید، بلکه صرفاً از یک شکل به شکل دیگر تبدیل می‌شود. هر به دست آمدن یا از دست رفتنی فقط امری ظاهری است.

ژول به تبادل مشابهی در الکتریسیته پی برد. در این مورد حرکت بارهای الکتریکی، از طریق یک نوع «مالش یا اصطکاک» الکتریکی به نام مقاومت (**۱۸۲٦**)، می‌توانست به گرما تبدیل شود. آهنگ رها شدن گرما («توان» که بر حسب وات اندازه‌گیری می‌شد)، عبارت بود از ولتاژ ضرب در شدت جریان. این عبارت به بیان ریاضی معادله‌ی ژول نامیده می‌شود.

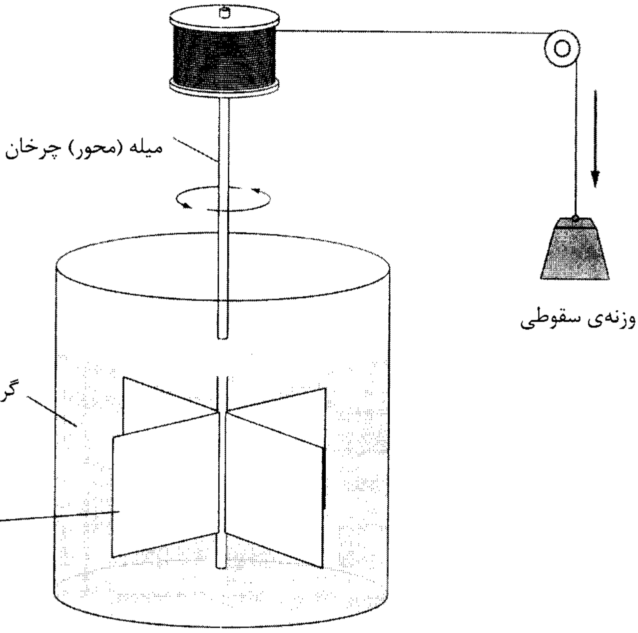
ژول

ژول یکای انرژی یا کار است: یک ژول کار وقتی انجام می‌شود که یک شیء با وارد آمدن نیروی یک نیوتونی یک متر حرکت کند؛ یک ژول انرژی در هر ثانیه از طریق یک جریان الکتریکی یک آمپری آزاد می‌شود در حالی که این جریان از مقاومتی یک اهمی عبور می‌کند.

وات

وات (نامیده به نام پیشگام ماشین بخار در قرن هجدهم) عبارت است از یکای توان، یعنی آهنگ گرفته شدن یا پس دادن انرژی: یک وات برابر است با یک ژول در ثانیه؛ یک اسب بخار برابر است با ۷۴۵ وات.

«اصل پایستگی یا بقای انرژی» ژول نخستین بار در قالب یک سخنرانی عمومی در سال ۱۸٤۷ پس از سال‌ها آزمایش ارائه شد. او با شک‌اندیشانی مواجه بود که به دقت و صحت آزمایش‌هایش تردید روا می‌داشتند یا محکم به نظریه‌ی «کالریک» گرما چسبیده بودند که وی بنیاد این نظریه را سست می‌کرد و بنایش را می‌لرزانید. اما تا پایان دهه‌ی ۱۸٤۰، این هماوردجویی خاتمه یافت. انجمن سلطنتی، به یُمن وجود مایکل فاراده، در سال ۱۸٤۹ از کارهای ژول مطلع شد، و وی پس از کوتاه زمانی به عضویت آن انجمن درآمد. وی به لرد کلوین هم نزدیک شد و ارتباط آنان بسی سودمند و پرثمر از کار درآمد. **۱۸۵۲** ◀◀



در این نمودار مشــاهده می‌شــود که چگونه جیمز ژول پایستگی (بقای) انرژی را نشان داد. این وزنه (که با ســرعت یکنواخت سقوط می‌کند) همچنان‌که به مرکز زمین نزدیک می‌شود انرژی پتانسیل (ذخیره شده) از دست می‌دهد. این انرژی از طریق ریسمانی که میله (محور) را بــه حرکت درمی‌آورد و پره‌ها به آن متصل‌اند، به آب منتقل و به گرما تبدیل می‌شــود که آب را گرم می‌کند. در شرایط آرمانی هیچ انرژی‌ای تلف نمی‌شود.

یونس بَرسلیوس: مرد بسیار واژه

۱۸۴۸ درباره‌ی تأثیر یونس بَرسلیوس بر رشد علم شیمی هرچه بگویند اغراق نیست. این دانشمند سوئدی، که در سال ۱۸٤۸ درگذشت، در همان پایه و مرتبه‌ای قرار داشت که لویی پاستور و جان دالتون. وی برای توضیح موج خیزان مشاهدات و جمع‌بندی آن‌ها با کلماتی جدید، ایده‌های نو و توانمندی را ارائه داد، زیرا کلماتی وجود نداشتند که پدیده‌های نور در قالب آن‌ها بیان شود.

این امر جنبه‌های منفی هم داشت. نفوذ وی چندان پر دامنه بود (مانند نیوتون)

طوری که کدام نظریه پذیرفتنی باشد، تحت نظر و کنترلش بود. در نتیجه، ایده‌هایی که مورد حمایت او قرار نمی‌گرفتند به بوته‌ی فراموشی سپرده می‌شدند، هر چند که بسیاری از آن‌ها بعداً معتبر از کار درمی‌آمدند. فرضیه ی آووگادرو (۱۸۱۱) یکی از چنین ایده‌هایی بود.

اما نفوذ قاطع و مقاومت‌ناپذیر او مترقی‌خواهانه بود؛ وی تا اواخر عمرش به نوآوری روی خوش نشان می‌داد. در سال ۱۸۱٤ راه به تمامی جدیدی را برای خلاصه کردن واکنش‌های شیمیایی به کمک نمادهایی که در قالب معادله نوشته می‌شدند، معرفی کرده بود. کشف فریدریش وولر در ۱۸۲۸ در این مورد که اوره و آمونیم سیانات ترکیب شیمیایی یکسانی دارند اما خواصشان بسیار متفاوت است وی را به ابداع اصطلاح «ایزومرها یا همپارها» برای ترکیب‌هایی یکسان سوق داد که اتم‌هایشان به راه‌های گوناگون کنار هم قرار می‌گیرند. وی می‌دانست که ساختار و سامان در ترکیب کم‌ترین اهمیت را دارند.

در سال ۱۸۳۵ شواهدی را جمع و جور کرد تا اعلام کند واکنش‌های شیمیایی، هم در زندگی و هم در لوله‌ی آزمایش، می‌توانند با وجود ماده‌ای شیمیایی شتاب گیرند که خودش در این واکنش وارد و مصرف نمی‌شود. اکثر این واکنش‌ها مواد پیچیده و مرکب را به مواد ساده تجزیه می‌کردند، و از این‌رو او این پدیده را «کاتالیز یا کاتالیز کردن» (که واژه‌ای یونانی به معنای تجزیه کردن است) نامید و به مواد شیمیایی دخیل و مؤثر در این واکنش‌ها «کاتالیزگر» گفت. در سال ۱۸۳۸ واژه‌ی «پروتئین» را به عنوان اصطلاحی کلی برای بسیاری ترکیب‌ها ابداع کرد که در بافت‌های گیاهی و جانوری یافت می‌شوند و همگی حاوی نیتروژن‌اند. پروتئین‌ها چندان بنیادی به نظر می‌رسیدند که وی برای نام‌گذاری آن‌ها از واژه‌ی یونانی «protos» به معنی «نخست» (که بعداً در پروتوپلاسم، تک یاخته، و بعداً، پروتون) استفاده کرد.

در سال ۱۸٤۰ واژه‌ی جدید او «دگرشکل: allotrope» برای شکل‌های متفاوت یک عنصر مانند کربن بود که می‌توانند آن‌ها را بپذیرند، که هر کدام دارای خواص متمایزی‌اند. گرافیت نرم و روغنی (که گاهی به آن «سرب» می‌گویند، مانند مداد سربی)، دوده‌ی گردی‌شکل و سخت کانی، الماس، جملگی دگرشکل‌های کربن خالص‌اند. همفری دیوی انگلیسی ثابت کرده بود که با نزدیک کردن الماس به آتش هم همین اتفاق می‌افتد؛ وی نتیجه گرفت که حاصل فقط کربن دیوکسید است. مانند مورد همپارها، آرایش اتم‌ها همه چیز را تغییر می‌دهد و متفاوت می‌کند.

ادوئار روش: علت وجود حلقه‌های زحل

۱۸۴۸ ادوئار روش فرانسوی با تعیین و تعریف کردن حد روش، نام خود را در فرهنگ‌نامه نجوم قرار داد؛ حد روش عبارت است از کم‌ترین فاصله‌ای که در آن ماهواره می‌تواند سیاره‌ای را دور بزند و اگر از این فاصله به سیاره نزدیک‌تر شود، بر اثر گرانش آن متلاشی می‌شود. نیروی گرانش بسیار به فواصل دخیل وابسته است. اگر ماهواره‌ای در خارج از حد روش واقع باشد، اختلاف کشش گرانشی این سیاره وارد بر اجزای مختلف ماهواره بزرگ‌تر از نیروهایی است که ماهواره را کنار هم نگه می‌دارند. از این رو تکه تکه خواهد شد.

این امر در فهم علت وجودی حلقه‌های زحل به ما کمک می‌کند، که نخستین بار در سال **١٦١٠** گالیله به طور اجمالی آن را مشاهده (و از آن برداشت غلطی) کرد و ژان کاسینی (**١٦٦٩**) آن را به درستی تشریح کرد. این حلقه‌ها در داخل حد روش برای زحل قرار دارند و بنابراین نمی‌توانند جامد باشند؛ بلکه، از تعداد بیشماری خرده ریزه تشکیل می‌شوند که شبیه اقمار سیاره را دور می‌زنند.

این طور نیست که زمانی یک ماه وجود داشته که بعداً از هم پاشیده است، بلکه هیچ قمر یا ماهی امکان تشکیل شدن نیافته است؛ از هرگونه تلاشی برای «قمرسازی» در داخل این حد جلوگیری خواهد شد. تمامی سیارات، حتی نزدیک‌ترین سیاره، عطارد، در خارج از حد روش برای خورشید قرار دارند و این امکان را یافته‌اند که وقتی منظومه‌ی شمسی خیلی جوان بود، از خرده ریزه‌ها و تکه‌های مواد تشکیل یافته‌اند. به همین ترتیب، ماهِ خود ما ناگزیر بوده فقط ۱۸۰۰۰ کیلومتر دورتر از ٤٠٠,٠٠٠ کیلومتری باشد که در آن فاصله در معرض خطر بوده است.

اما به کمک کاونده‌های فضایی که در واپسین سال‌های قرن بیستم به فضا فرستاده شدند، بر گرد سایر سیارات بزرگ (مشتری، نپتون، اورانوس) حلقه‌هایی یافت شده، گرچه در هیچکدام به نزدیکی حلقه‌های تماشایی زحل نیستند. و نمونه‌هایی از دنباله‌دارها مشاهده کرده‌ایم که با گذشتن از فاصله‌ی خیلی نزدیک یکی از سیارات بزرگ، خرد و خاکستر شده و از بین رفته‌اند.

ویلیام تامسون (لرد کلوین): پایین‌ترین دمای ممکن

۱۸۴۸ اگر از شما بپرسند که دما چقدر است، معمولاً پاسخ خود را بر حسب درجه‌ی سانتی‌گراد (سلسیوس)، مثلاً ۲۰، (**١٧٤٢**)، بیان می‌کنید. و قدیمی‌ترها، یا

کسانی در ایالات متحده‌ی آمریکا، از درجه‌ی فارنهایت (۱۷۰۱) استفاده می‌کنند. هیچکس نمی‌گوید ۲۹۳ درجه‌ی کلوین. با همه‌ی این احوال، مقیاس کلوین «دمای مطلق» را بیان می‌کند. می‌توانید دمای چندین درجه زیر صفر را بر حسب مقیاس‌های دیگر بیان کنید اما نه بر حسب دمای مطلق: 0 درجه‌ی کلوین همان قدر سرد است که می‌توانید تصورش را بکنید: «صفر مطلق».

لرد کلوین، فیزیکدان انگلیسی، مقیاس دمای جدید را در سال ۱۸٤۸ پیشنهاد کرد (این نام را به افتخار وی پنجاه سال بعد بر روی این مقیاس نهادند)، اما شواهد سرنوشت‌ساز و تعیین کننده در نتیجه‌ی آزمایش‌های دقیق بر روی گازها به دست ژاک شارل (**۱۷۸۳**) و ژوزف گی‌ـ لوساک (**۱۸۰۸**)، هر دو فرانسوی، به دست آمده بود. ایده‌ی کم‌ترین دمای ممکن به بیش از یکصد سال قبل از آن و به گیلیام آمونتون فرانسوی (**۱۷۰۲**) برمی‌گردد. با آزمایش پی بردند که به ازای افت هر درجه‌ی دما، حجم به اندازه‌ی یک قسمت در ۲۷۳ (حجمش در $^{\circ}C$) منقبض (جمع) می‌شود. از این رو گازی که تا ۲۷۳ زیر صفر سرد شده باشد از قرار معلوم هیچ می‌شود (حجمش صفر می‌شود).

آیا این امر اثبات می‌کند که ۲۷۳- پایین‌ترین دمای قابل دسترسی است؟ شاید، نه به خودی خود. گام بعدی را لودویگ بولتسمان/ بولتزمن آلمانی برداشت. وی می‌دانست که بین فشار هر گاز و انرژی ذرات آن رابطه برقرار است، و بین آن انرژی با دما بر حسب مقیاس جدید ارائه شده‌ی کلوین رابطه برقرار کرد. از این رو در ۲۷۳-، فشار گاز و انرژی ذرات آن باید، مانند حجم، صفر باشد. ذرات در این دما از حرکت باز می‌ایستند. هیچ دستگاه یا فزایند خنک‌کننده‌ای هنوز هم نمی‌تواند در این دما کار کند تا به دمایی پایین‌تر از آن برسد. در آن دما در صفر مطلق خواهیم بود. البته، هیچ گازی عملاً به فشار و حجم صفر نمی‌رسد. خیلی بالاتر از صفر مطلق، گازها به مایع و حتی به جامد تبدیل می‌شوند و شروع به بروز دادن رفتار متفاوتی می‌کنند. اما استدلال‌های بالا درباره‌ی آن‌ها صادق است.

برخی فیزیکدانان از توقف همه چیز در دمای صفر مطلق چندان هراس داشتند که پیوند و رابطه‌ی بین دما و انرژی ذرات را انکار کردند. مقاله‌هایی که در تشریح این ایده‌ها انتشار می‌یافتند از جانب گروه‌ها و انجمن‌هایی چون انجمن سلطنتی رد می‌شدند. در نتیجه برخی پیشرفت‌ها و حرکت‌ها متوقف شدند.

دو یادآوری: بنا بر توافقی بین‌المللی، دمای مقیاس کلوین، مثلاً، به صورت k۲۰۰ بیان می‌شود. و نام کلوین در اندازه‌گیری دما روی یکی از کارخانه‌های یخچال‌سازی

آمریکایی نهاده شده است: کلوینـاتور. ◀◀ **۱۸۵۲**

لئون فوکو و هیپولیت فیزو: باز هم سرعت نور

۱۸۴۹ لئون فوکو (در مبحث آونگ هم درباره‌ی او سخن می‌گوییم، **۱۸۵۱**) و هیپولیت فیزو، فیزیکدانان فرانسوی، به یک معنا غیرحرفه‌ای و آماتور بودند، «اشراف دانشمند» مانند چارلز داروین هم‌روزگارشان، آدم‌های ثروتمندی که چند مقام و شغل رسمی داشتند و علم در نزد آنان تفریح و تفنن بود. اما «آماتور هم نبودند. به طور جمعی و فردی توجه خود را بر نور، یافتن خواص آن، ایجاد و ابداع فناوری جدید عکاسی برای کاربرد در نجوم و طراحی راه‌هایی برای اندازه‌گیری شدت نور خورشید متمرکز می‌کردند.

دستاورد عمده‌ی آنان عبارت بود از اندازه‌گیری سرعت نور بدون این‌که از سطح کره‌ی زمین دور شوند. اندازه‌گیری‌های پیشین که توسط اوله رومر در **۱۶۷۶** و جیمز بِرَدلی در **۱۷۲۹** انجام شده بود، بر اشیا و رویدادهای فضایی متکی بودند. این دو فرانسوی رویکردی «زمینی» داشتند. آنان یک باریکه‌ی نور را با چرخ‌های دندانه‌دار فوق‌العاده سریع یا آینه‌های چرخان، به پالس‌های کوتاه تقسیم کردند، و این پالس‌ها را در یک مسیر ۲۰ کیلومتری به سوی یک آینه در مجاورت یک کوه فرستادند. آنان موفق شدند اندازه بگیرند که نور رفت و برگشت این مسیر را در چه مدتی پیموده (کم‌تر از یک هزارم یک ثانیه)، و به این ترتیب سرعت نور در هوا را محاسبه کردند؛ رقمی که به دست آوردند حدود ۳۰۰,۰۰۰ کیلومتر بر ثانیه بود که به مقدار پذیرفته شده‌ی امروز برای سرعت نور، بسی نزدیک است.

فوکو و فیزو از روش‌هایی مشابه روش بالا سود جستند تا نشان دهند سرعت نور در آب کم‌تر از سرعت نور در هواست. این اندازه‌گیری کمک کرد تا مباحثه و مجادله‌ی درازمدت بین نظریه‌های موجی و ذره‌ای نور به نفع نظریه‌ی موجی (موقتاً) فرو نشیند. نظریه‌ی ذره‌ای ممکن است از پشتیبانی آیزاک نیوتون برخوردار بوده باشد (**۱۶۷۲**) اما مستلزم آن بود که سرعت نور در آب بیشتر باشد تا سرعت آن در هوا.

این اندازه‌گیری قانون شکست نور را نیز که دو قرن پیش‌تر ویلبرود اسنل آن را یافته بود (**۱۶۲۱**) توضیح داد: هر چه نور در جسم شفافی چون آب یا شیشه آهسته‌تر حرکت کند، در هنگام عبور از مرز بین آن محیط شفاف و هوا یا خلأ، بیشتر خم خواهد شد؛ به بیان فنی‌تر، «ضریب شکست» آن بیشتر خواهد بود.

رودولف کلاوزیوس: معیار بی‌نظمی

۱۸۵۰

واژه‌ی انتروپی یکی از واژه‌های عجیب و غریب، و درک مفهوم آن دشوار است. اما برای فهمیدنش به خاطر اهمیتی که دارد، باید تلاش کرد. لودویگ بولتسمان، فیزیکدان اتریشی، معادله‌ی انتروپی را تدوین کرده که روی سنگ قبرش حک شده است. اما این رودولف کلاوزیوس آلمانی بود که برای نخستین بار در حدود سال ۱۸۵۰ به این ایده رسید و این واژه را ابداع کرد. «انتروپی» از دو جزء «en»، مختصر «energy» و کلمه‌ی یونانی tropos به معنی «تغییر کردن» یا «تبدیل یافتن» ساخته می‌شود؛ این اصطلاح در بنیاد متضمن آن چیزی است که وقتی اتفاق می‌افتد که انرژی از یک شکل به شکل دیگر تغییر می‌کند یا تبدیل می‌شود.

کلاوزیوس همان روزها به کتاب سادی کارنوی فرانسوی (۱۸۲٤) برخورده بود که درباره‌ی بازده ماشین‌های بخار بود. کارنو پی برد که هیچ ماشینی نمی‌تواند بازه صد در صدی داشته باشد. همواره مقداری انرژی تلف می‌شود، زیرا بخاری که از ماشین خارج می‌شود هنوز هم گرما دارد که این گرما مصرف نشده است.

کلاوزیوس با تأمل در این موضوع، نگاهی اجمالی به اصلی بنیادی‌تر انداخت. انرژی تغییر شکل یافته به وسیله‌ی ماشین بخار در اصل از ترکیب‌های شیمیایی پیچیده‌ی موجود در ذغال سنگ یا چوب استخراج شده، و بر اثر احتراق به گازهای ساده‌ای چون بخار آب و کربن دیوکسید تقلیل یافته و در جوّ مصرف شده است. نظم جای خود را به بی‌نظمی سپرده است. مولکول‌های محبوس در دیگ بخار به آب تبدیل شده و به محیط راه یافته است. در اینجا نیز بی‌نظمی افزایش یافته است: اطلاعات دقیق درباره‌ی این مولکول‌ها اکنون از دست رفته است و هیچگونه انرژی که آن‌ها هنوز هم دارا هستند نمی‌تواند بازیابی شود.

کلاوزیوس اصطلاح انتروپی را برای تشریح کردن این بی‌نظمی یا «از دست رفتن اطلاعات» ابداع کرد. وی استدلال کرد که انتروپی آن موقعی افزایش پیدا می‌کند که انرژی رها می‌شود. و انتروپی وقتی افزایش می‌یابد که «یک سیستم» به تمامی به خودش وا گذاشته شود. دیواری که از آجرهای منظم ساخته شده باشد می‌تواند پس از مدت‌ها به تل نامنظم و آشفته‌ای پاره‌آجر و خاک و خاشاک بدل شود. قطره‌ی گسسته‌ی رنگی که در داخل آب رها شده باشد پراکنده و پخش می‌شود تا این‌که تمامی آب به طور مبهمی رنگین شود، و جا و مکان قطره‌ی اصلی از دست رفته است. افزایش انتروپی و از بین رفتن نظم ظاهراً در همه جا حضور دارد.

البته می‌توانیم با استفاده از کپه و توده‌ی آجرها دیوار را بازسازی کرد، و به این

ترتیب واضح است که نظم افزایش و انتروپی کاهش می‌یابد. اما در این عمل انرژی مصرف می‌شود، و از این رو در جای دیگر انتروپی افزایش پیدا می‌کند. اگر کنش‌های گوناگون جملگی به حساب آیند و منظور شوند، کل انتروپی افزایش خواهد یافت. در واقع، انتروپی کل جهان هستی پیوسته رو به افزایش است.

این اصل قدرتمند را معمولاً قانون دوم ترمودینامیک می‌نامند (پایستگی یا بقای انرژی قانون اول است). این قانون توضیح می‌دهد که چرا حرکت دائم ناممکن و محال است (در این صورت انتروپی کاهش می‌یابد)، و چرا «گرمامرگی جهان هستی» پیش می‌آید (**۱۸۵٤**). اما هنوز هم مطالب زیادی مانده بود که باید در خصوص ماهیت انتروپی، مثلاً از لودویگ بولتسمان/ بولتزمن، فرا گرفته شود (**۱۸۷۷**).

قطارها، تلفن‌ها و الکتریسیته

فناوری قرن نوزدهم

در قرن نوزدهم فناوری جدید هرچه بیشتر با فعالیت‌های هر روزی انسان برخورد می‌کرد. در حوزه‌ی حمل و نقل، نیروی بخار شروع به خودنمایی کرد و سپس در کشتیرانی جای بادبان را گرفت؛ در سال ۱۸۳۳ یک کشتی فقط با نیروی بخار برای نخستین بار عرض اقیانوس اطلس را پیمود. از دهه‌ی ۱۸۴۰ مرتبط کردن شهرها و روستاها از طریق ریل‌های آهنی در تمام کشورهای پیشرفته آغاز شد؛ تا دهه‌ی ۱۸۶۰ این خطوط آهن بین قاره‌ها پل ارتباطی برقرار کردند.

تا انتهای این قرن، از نخستین تراموا‌های برقی در شهرها شروع به بهره‌برداری کردند، و کوتاه زمانی پس از آن، نخستین «کالسکه‌های بدون اسب» به کار افتادند؛ این وسیله‌ها قرار بود ترابری و حمل و نقل شخصی را در قرن آتی دگرگون کنند. دانش و شناخت جدید پشتیبان تمام این ابداعات و نوآوری‌ها به‌شمار می‌آمد: علم ترمودینامیک برای کارآمدتر کردن ماشین‌های بخار؛ علم الکترومغناطیس که موتورهای الکتریکی را به حرکت می‌آورد؛ و شناخت تقطیر روغن برای تهیه‌ی سوخت‌های مایع به منظور مصرف در «اتومبیل‌ها». علم، که از دیرباز از حمایت «فناوری شناخت» برخوردار بود، در آستانه‌ی بازپرداخت بدهی‌هایش قرار گرفت.

در حوزه‌ی ارتباطات، پیشرفت در فهم و درک الکتریسیته و مغناطیس، از دهه‌ی ۱۸۴۰ (با کشیده شدن کابلی در زیر اقیانوس اطلس در دهه‌ی ۱۸۶۰) تحقق تلگراف و از دهه‌ی ۱۸۷۰ تحقق تلفن را میسر کرد. نوید «بی‌سیم» محتاطانه و آزمایشی در دهه‌ی ۱۸۹۰ رخ نشان داد. در اواخر این قرن نخستین صدای ضبط شده، روی استوانه، دیسک و نوار پای بر عرصه نهاد، و نخستین «تصویرهای متحرک» هم ظهور کردند، هرچند که تا قرن بعدی این‌ها چندان تأثیری بر اوضاع ننهادند.

در حوزه‌ی پزشکی، از نیمه‌ی قرن از طریق ورود داروی بیهوشی، و اندکی بعد از طریق روش‌های جدید «ضدعفونی» که ژوزف لیستر و کسانی دیگر ابداع کرده بودند، و اجباری شدن آن به واسطه‌ی «نظریه‌ی میکروب‌ها»ی بیماری‌ها، عمل جراحی به تمامی دگرگون شد. حالا دیگر بدون رنج و عذاب بیماران می‌توانستند عمل جراحی را انجام دهند، و از این رو جراحان برای عمل خود زمان طولانی‌تری صرف می‌کردند و دقت بیشتری به خرج می‌دادند؛ زخم‌های جای جراحی دیگر با احتمال کم‌تری عفونت می‌کردند. جراحان با جسارت و جرأت بیشتری

در درون بدن، و نه صرفاً بیرون آن، شروع به کار کردند.

وضعیت هراس‌آور بهداشت همگانی (در اوایل این قرن میانگین سن و سال مرگ در لندن فقط ۲۷ سال بود) از درک مشابهی متأثر شد ــ این‌که «کثافت بیماری می‌آورد» ــ مثلاً، منجر به این شد که برای نخستین بار برای دور نگه داشتن آب آشامیدنی از پسماندهای انسانی، فاضلاب‌روها را ساختند. اما در شهرهای رو به رشد و گسترش کیفیت آب و هوا رو به تنزل و افت نهاد؛ عامل این افت کیفیت همانا دودهای گسیلی از دودکش‌های بیشمار و پساب‌های کارخانه‌ها بودند.

پزشکان از نخستین ابزار خود برای یافتن این‌که در درون بدن آدمی چه می‌گذرد، در اوایل همین قرن و زمانی بهره گرفتند که استتوسکوپ، و سپس دماسنج بالینی، ابداع شد. در اواخر این قرن مقدمات پرتوهای ایکس ظهور کرد تا به کمک تشخیص جراحت و بیماری بشتابد، و پرتوزایی برای درمان پاره‌هایی از آن پای بر عرصه نهاد، اما مخاطرات خاص خود را نیز به بار آوردند. لویی پاستور و رابرت کُخ راه‌هایی را برای تأمین حفاظت و مراقبت در مقابل بسیاری از بیماری‌های مهلک از طریق مایه‌کوبی (واکسیناسیون) یافتند و به کار گرفتند.

دینامیت آلفرد نوبل و سایر مواد منفجره‌ی جدید ابزار عمده‌ای را برای استخراج معدن و مهندسی فراهم آورد، اما موجب ویرانی گسترده در جنگ هم شد. با اختراع تفنگ‌های ته‌پُر در دهه‌ی ۱۸۴۰ که استفاده از آن‌ها بسیار سریع‌تر بود، و نخستین مسلسل‌ها در دوره‌ی جنگ‌های داخلی آمریکا، کشتار در میدان‌های جنگ چند برابر شد. پیش‌تر از آن ساموئل کول «هفت تیر» مشهورش را اختراع کرده و به میدان فرستاده بود.

در آغاز این قرن، نور خانه‌ها و کارخانه‌ها با شعله‌ی شمع و چراغ‌های روغنی تأمین می‌شد؛ خیابان‌ها در شب عمدتاً تاریک بودند. چراغ‌های روشنایی گازی در دهه‌ی ۱۸۱۰ مورد استفاده واقع شدند، و بعداً نور «قوس الکتریکی» همفری دیوی فضاهای عمومی را روشن کرد. در دهه‌ی ۱۸۷۰ با «لامپ التهابی» توماس ادیسون انقلاب رخ داد (هرچند که جوزف اسوان انگلیسی بود که ابتدا آن را اختراع کرد). این اتفاق بود که محرک و انگیزه‌ی تولید و توزیع نیروی برق در مقیاسی گسترده شد، که توان صنایع و حمل و نقل را تأمین کرد و در قرن بعد خانه و دفتر کار را به کلی دگرگون کرد.

علم شیمی و اپتیک در پس اختراع عکاسی قرار می‌گیرند، که بر علم، بخصوص نجوم، در حدود سال ۱۹۴۰، و در اواخر قرن، با «فیلم» جورج ایستمن و جعبه‌های دوربین تأثیر نهاد.

کشاورزی که هنوز هم اکثریت مردم در این حوزه اشتغال داشتند، از تأثیر فناوری جدید متأثر شد: خیش‌های فولادی، ماشین‌های درو که اسب آن‌ها را حرکت می‌داد، کودهای مصنوعی و به‌نژادی گسترده‌ی گیاهان جملگی بازدهی محصول را بالا بردند. صنایع را نه تنها

بخار (مثلاً «چکش بخاری» جیمز نیسمیت برای شکل دادن فلز)، بلکه مواردی چون رنگ‌های آزاد شده از قطران ذغال سنگ، شکل دادند.

تغییر شکل شهرها آغاز شد. ساختمان‌ها به یمن ابداع و اختراع قاب‌های فولادی (و به کمک فولادهای بهتر حاصل از مبدل هنری بِسِمِر)، بتن مسلح ژوزف مونیه و آسانسور تحت حفاظت آجر ایمنی الیشا اوتیس، هرچه مرتفع‌تر شدند.

سیاهه‌ی نوآوری‌های شکل‌دهنده (و دگرگون‌ساز) زندگی و حیات قرن نوزدهم قابل ملاحظه و چشمگیر است و اگر بخواهیم کاملش کنیم، بسی طولانی است، اما اقلام مهم‌تری را هم شامل می‌شود: چرخ خیاطی‌ها، تندنویسی پیت‌من، خط نوشتاری بریل برای نابینایان، ساکسیفونِ ساکس، ماشین تحریر اسکولز، سرنگ زیرپوستی هیگنیسون، پوشش لاستیکی مکینتاش، ترمز بادی (کمپرسی) وستینگهاوس برای قطارها، لاستیک ولکانیزه‌ی گودیر و کبریت‌های بی‌خطر واکر.

۱۸۵۱ – ۱۹۰۰

چشم‌انداز جهان در این دوره

در خلال این دوره دو جنبش بزرگ برای دستیابی به یگانگی و وحدت ملی در جریان بود. یک رشته منازعه و ستیزه در شبه جزیره‌ی ایتالیا بین ۱۸۵۹ و ۱۸۷۰ به تشکیل دولت ایتالیای نو انجامید؛ رُم پایتخت ملی اعلام شد. وحدت سیاسی ایالت‌های آلمانی‌زبان (جز اتریش)، به هدایت پروس و صدراعظم‌اش اتو فون بیسمارک، امپراتوری آلمان را پدید آورد، که پایتخت‌اش برلین شد. در این رهگذر با دانمارک (۱۸٦٤)، اتریش (۱۸٦٦) و سرانجام با فرانسه (جنگ فرانسه- پروس، ۱۸۷۰-۱۸۷۱) برای تأمین امنیت قلمرو و مرزها جنگ درگرفت.

پروس برای یافتن راه دسترسی به دریای سیاه و مدیترانه پیشروی به جنوب را ادامه داد. این امر به وقوع جنگ کریمه (۱۸٥٤-۱۸٥٦) با فرانسه و بریتانیا منجر شد که در این منازعه از ترکیه (امپراتوری عثمانی) حمایت می‌کردند. امپراتوری رو به افول عثمانی اکنون «آدم بیمار اروپا» به‌شمار می‌آمد، و ضعف آن کشمکش‌ها و درگیری‌هایی را بر سر استقلال با مردم سرزمین‌های گوناگون بالکان و سواحل شرقی مدیترانه برانگیخت.

در حالی که اروپا در حال کسب وحدت و یگانگی بود، ایالات متحده با خطر پاشیدگی و گسیختگی مواجه بود. جنگ داخلی آمریکا (۱۸٦۲-۱۸٦٥) بین ایالت‌های شمالی («اتحاد») و جنوبی («ایالات متحده‌ی جنوبی») عمدتاً بر سر موضوع برده‌داری درگرفت. ایالت‌های متحد صنعتی‌تر (ایالت‌های شمالی) پیروز شدند و نظام برده‌داری به دست آبراهام لینکلن (رئیس جمهور) لغو شد. سالیان پس از جنگ شاهد گسترش استقرار و اسکان به سوی غرب و رشد منازعه و کشمکش با بومیان آمریکا بود. تنش‌های ناشی از مستعمره‌خواهی جنگ را بین اسپانیا و ایالات متحده‌ی آمریکا در سال ۱۸۹۸ برانگیخت.

در گرماگرم منازعات، نشانه‌هایی از همکاری و تعاون بین‌المللی دامنه‌دارتر، با تأسیس صلیب سرخ بین‌المللی (۱۸٦٤)، اتحادیه‌ی جهانی پست (۱۸۷٤)، و سامانه‌ی منطقه‌ای زمانی بین‌المللی بود (۱۸۸۳)، بروز کرد.

هنر و اندیشه

با ظهور و بروز مکتب امپرسیونیسم در نقاشی و عرضه‌ی آثار مونه، مانه، دگا، رنوئار، سزان، میله و سارات، فرانسه کماکان در حوزه‌ی نقاشی مرتبه‌ی برتر و برجسته‌ی خود را حفظ کرد. در جاهای دیگر گرایش‌های مذهبی در آثار هولمن هانت در انگلیس، اوایل کار پیکاسو در اسپانیا، وان گوگ انقلابی در هلند، جیغ مونش، و مادر ویسلر را شاهد بوده‌ایم. رودن فرانسوی پیشگام پیکرتراشان بود. آسمان‌خراش‌های اولیه‌ی آمریکا، برج ایفل در پاریس، مجسمه‌ی آزادی در نیویورک و کریستال پالاس لندن، خط افق را تغییر دادند.

فرانسه در دنیای موسیقی نیز فعال بود: به همت آثار برلیوز، سَن‌ـ سانس، گونو، فرانک، دبوسی و فوره. موسیقی رمانتیک اصیل در آلمان و اتریش قدرتمند بود: شومان، برامس، بروکنر، مالر و ریچارد اشتراوس. ارکسترها در اندازه، طول و پیچیدگی ترکیب و تصنیف گسترش یافتند. در جاهای دیگر موسیقی ملی‌گرایی و سنت‌های قومی را ترغیب و تشویق کرد: گلینکا، چایکوفسکی، ریمسکی کورساکف در روسیه؛ لیست در مجارستان؛ اسمتانا و دوورژاک در بوهم؛ گریگ در نروژ؛ و سیبلیوس در فنلاند. اپرا شکوفا شد و رونق گرفت: واگنر، وردی، پوچینی، ماسنه، بیزه، اوفنباخ، گیلبرت و سولیوان. خانواده‌ی اشتراوس والس جهان را برپا کردند. آمریکایی‌ها از طریق آیوز و مک داول، در کنار آوازهای مردمی فوستر و مارش‌های سوزا موسیقی کلاسیک خاص خودشان را داشتند.

سالن‌های تئاتر نمایشنامه‌های جدیدی را به قلم ایبسن، استریندبرگ، شاو، چخوف، باری و فدو به صحنه آوردند، که درام‌های سنگین تا کمدی و خنده‌دار را در بر می‌گرفتند. از جمله‌ی شاعران پیشگام می‌شد از تنیسون، سوئینبرن، هاپکینز و موریس بریتانیایی؛ رَمبو و بودلر فرانسوی؛ ویتمن و دیکینسون آمریکایی یاد کرد. خوانندگان داستان و رمان انتخاب‌های فراوانی در اختیار داشتند: تواین، هاوثرن، ملویل، جیمز و آلکوت آمریکایی؛ لیپلینگ، استیونسون، کارول، الیوت، هاردی، دیکنز، ولز، ترولوپ و کنراد بریتانیایی؛ تولستوی، تورگنیف و داستایوسکی روسی؛ وایلد ایرلندی؛ فلوبر، ورن، هوگو، زولا، موپاسان و دومای فرانسوی.

در میان ایده‌ها و آرای هیجان‌انگیز و پرشور می‌توان از فلسفه‌ی نیچه، استوارت میل، کنت، نوشته‌های مذهبی نیومن، نظریه‌های سیاسی مارکس و هرتسل صهیونیست، و روانکاوی فروید یاد کرد. سپاه رستگاری و جنبش معرفت مسیحی در همین دوره‌ی زمانی پایه‌گذاری شد.

در جستجوی یگانگی

در یک نیم‌دهه‌ی حیرت‌انگیز و تکان‌دهنده‌ی اکتشاف که از ۱۸۹۵ آغاز شد، پژوهشگران در سرتاسر اروپا پرتوهای ایکس و پرتوزایی را کشف کردند، برای نخستین‌بار با بهره‌گیری از امواج رادیویی پیامی را ارسال کردند، وجود الکترون را به عنوان واحد بنیادی بار الکتریکی اثبات کردند، رادیم را جدا کردند، نخستین ویروس‌ها را یافتند و وجود «کوانتوم» انرژی را مسلم فرض کردند. این کشف‌ها تقریباً همگی نامنتظره بودند، گرچه برخی از آن‌ها بر پایه‌ی چندین دهه کار و پژوهش بنا شدند. این پایان مناسب و فراخور یک نیم قرن اندیشه و تأمل رشدیابنده درباره‌ی طبیعت بود.

با همه‌ی این احوال، هر دهه‌ای از این نیم قرن چشمان ما را بیشتر گشود. در دهه‌ی ۱۸۵۰ به طور قطعی می‌دانستیم که زمین می‌گردد، آزمایش‌هایی را با پرتوهای کاتدی آغاز کردیم، پی بردیم که بیماری‌ها می‌توانند با آب آلوده منتقل شوند، و خبرهایی به گوشمان رسید که دو دانشمند، مستقل از هم، نظریه‌ی کلیدی انتخاب طبیعی را شرح دادند تا الگوی حیات بر کره‌ی زمین توضیح داده شود.

در دهه‌ی ۱۸۶۰ نظریه‌ی مقدس و معزز «زایش یا تولیدمثل خودبه‌خود»، مبنی بر این‌که حیات از غیر حیات پدید می‌آید، سرانجام به پایان کار خود رسید و ورافتاد؛ جدول تناوبی عناصر شکل نهایی یافت؛ قوانین وراثت زیستی (بیولوژیکی) برای نخستین بار وضع شد؛ یک ماده‌ی شیمیایی جدید به نام نوکلئیک اسید در یاخته‌ها یافته شد؛ و یک عنصر در خورشید یافته شد که در کره‌ی زمین آن را نمی‌شناختند.

در دهه‌ای که از ۱۸۷۱ آغاز شد، شناسایی جایگاه نژاد آدمی در تکامل حیاتی

که روی کره‌ی زمین شکل می‌گیرد، آغاز شد، درباره‌ی وجود احتمالی یک شکل ناشناخته‌ی تابش نامرئی شبیه به نور به تأمل پرداختند، سر در آوردن از مفهوم واژه‌ی جدید انتروپی آغاز شد، با سیاره‌ی سرخ، مریخ، از نزدیک مواجه شدند و پی بردند که عامل مالاریا چیزی غیر از هوای بد است.

در دهه‌ی ۱۸۸۰، در آشکارسازی اتر ناکام ماندیم که سالیان درازی بود آن را پذیرفته بودند. اما این پیروزی‌ها بیشتر از آن بود که جبران مافات کنند. درباره‌ی یافتن واکسن در مقابله با بیماری هاری تبلیغات گسترده‌ای برپا شد و «امواج رادیویی» را در آزمایشگاه تولید کردند. دانشمندان حل مسئله پیچیدگی و درهم‌بافتگی مواد شیمیایی را که موجودات زنده از آن‌ها ساخته می‌شوند، آغاز کردند: پروتئین‌ها، چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها. به رقص کروموزوم‌ها در تقسیم یاخته‌های گیاهی و جانوری پی بردند و برای نخستین‌بار درباره‌ی معمای «اثر ادیسون» صحبت شد که بعداً به موقع خود عامل ایجاد و گسترش فناوری الکترونیک شد.

لئون فوکو: زمین می‌گردد

۱۸۵۱ در سال ۱۸۵۱ لئون فوکو فیزیکدان فرانسوی آن چیزی را قطعاً یافت که هیچکس قبلاً به آن پی نبرده بود: اثبات بدون چون و چرای چرخش زمین. از زمان کوپرنیک (**۱۵۴۳**)، یک زمین چرخان عنصر اصلی ایمان راسخ منجمان و فیزیکدانان بوده است، چنان‌که زمینی که خورشید را دور می‌زند، نیز به همین ترتیب بوده است. گالیله وقتی در برابر دادگاه تفتیش عقاید در سال **۱۶۳۳** قرار گرفت، به این هر دو مورد اعتقاد داشت، هرچند که برای آن مدارک و شواهد واقعی در اختیار نداشت. هم توضیح ادموند هالی درباره‌ی بادهای بسامان (تجاری) (**۱۶۷۶**) و تصویر و تجسم آیزاک نیوتون از شکل سیاره‌ی ما (**۱۷۳۶**) به زمینی وابسته بودند که روزی یک بار حول محورش می‌چرخید، اما ممکن است توضیح و تشریح‌های دیگری هم وجود می‌داشته است.

در سال ۱۸۵۱ که فوکو وزنه‌ای سنگین را از سر یک سیم از گنبد پانتئون در پاریس آویزان کرد، تمام تردیدها در حق این موضوع را به یقین تبدیل کرد. قوانین حرکت نیوتون (**۱۶۸۶**) حکم می‌کردند که همین‌که این آونگ به حرکت (نوسان) درآید باید در صفحه‌ی واحدی به جلو و عقب برود و نوسان کند. اما این‌طور نشد، یا به نظر می‌رسید که چنین نیست. پس از گذشت ساعت‌ها و روزها، جهت نوسان

آونگ به کندی تغییر می‌کرد، در حالی که پی در پی به سوی اجزای گوناگون اتاقکی نشانه می‌رفت که در آن آویخته شده بود.

اگر حق با نیوتون بود، فقط یک توضیح امکان‌پذیر می‌بود. خود اتاقک حرکت می‌کرد، و با چرخش زمین در زیر آونگ در حال نوسان خودش می‌چرخید. وقتی گالیله تحت فشار در برابر عموم و علنی گردش زمین را انکار کرد، بنا بر شایعات، زیر زبانی زمزمه می‌کرد که «با همه‌ی این‌ها حرکت می‌کند». دویست سال بعد، آونگ فوکو حق را به جانب او برگرداند و از هر اتهامی تبرئه‌اش کرد.

این‌ها همه پرسش‌های ژرفی را مطرح کرد. چگونه آونگ می‌تواند به زمینی بی‌اعتنا باشد و آن را نادیده انگارد که در مجاورت نزدیکش آویخته شده و در عوض مسیرش را در مسیر ستارگان بسیار دور یا حتی کل جهان هستی نگه می‌دارد؟ ما درباره‌ی منشأ لختی به چالش طلبیده می‌شویم. آیا این خاصیت ظاهراً بنیادی هر ذره و جزء ماده به وجود مابقی عالم وابسته است؟ ارنست ماخ یکی از کسانی بود که با این معما درگیر شد (۱۸۷۷).

لویی آگاسی: از هایدلبرگ تا هاروارد

۱۸۵۱

لویی آگاسی زیست‌شناس سویسی‌تبار شناخته‌ترین و صریح‌ترین مخالف چارلز داروین بود. و هرگز نظر خود را درباره‌ی مفهوم تکامل زیستی تا زمان مرگش تغییر نداد. وی در مقام یک مؤمن، دست خداوند را در همه جای طبیعت می‌دید، و نمی‌توانست دیدگاهی چون آرای داروین را بپذیرد که هیچ جایی را برای نقشه و هدف الهی و خدایی قایل نبود. به گفته‌ی وی، هرگونه گیاهی یا جانوری «یکی از نیت‌های خدا» است. با همه‌ی این احوال، داروین و کسان دیگر با بهره‌گیری از شواهدی که از تحقیقات گسترده‌ی خود آگاسی حاصل شده بود از نظریه‌ای حمایت می‌کردند که آگاسی چنان پر حرارت با آن مخالفت می‌کرد. علم غالباً به این صورت پیشرفت می‌کند.

آگاسی فردی خبره و کارشناس بود، کارشناس ماهیان سنگواره‌ای، که به فراوانی و غنا در صخره‌های قدیمی بازمانده از دوران به اصطلاح دِوُنی (Devonian) یافت می‌شدند. کتاب سال ۱۸۴۳ وی در این خصوص چنان مفصل و جامع بود که تعداد کلی مهره‌داران (جانورانی با ستون فقرات) را ده برابر می‌کرد و به زبان علمی تشریح شده بود. شناخت او از الگوی حیات باستانی گسترده بود و آن را در چارچوب

سیستمی معرفتی خلاصه و فشرده کرد که با نظام داروین به کلی متفاوت بود، و آن را در سال ۱۸۵۱ برای نخستین بار منتشر کرد.

آگاسی یک الگوی رشد را از کهن‌ترین و ساده‌ترین اندامگان‌ها تا متأخرترین و پیچیده‌ترین آن‌ها، و نه فقط در سنگ‌ها، ملاحظه و مشاهده می‌کرد. این امر در رشد جنین آدمی آشکار بود، که به نظر می‌رسد مراحل جوانی توالی موجودات (اندامگان‌های) ساده‌تر را طی می‌کنند، و در این رهگذر گیاهان و جانوران از قطب‌ها تا استوا بر پهنه‌ی کره‌ی زمین گسترده شدند. وی ادعا می‌کرد که همین الگو در همه جا برقرار است. به نظر او قطعاً این نشانه‌ی نیات و اهداف خداوندگاری بود.

> *هر حقیقت علمی سه حالت در طبیعت را طی می‌کند: نخست، مردم می‌گویند با محتویات کتاب مقدس در تعارض است؛ سپس، می‌گویند قبلاً کشف شده است؛ سرانجام، می‌گویند همواره به آن باور داشته‌اند.*
>
> لویی آگاسی

آگاسی در سویس به دنیا آمد اما زندگی‌اش در ایالت متحده‌ی آمریکا در مقام استاد دانشگاه هاروارد، به مدت یک ربع قرن، پایان پذیرفت. وی در آنجا استاد و مربی تعدادی طبیعت‌گرا و خبرگان علوم طبیعی بود و از طریق سخنرانی‌های عمومی‌اش بسیار پر آوازه شد.

استاد خود آگاسی، ژرژ کوویه (**۱۸۱۲**)، زیست‌شناس فرانسوی، پیشوای نظریه‌ی فاجعه‌باوری (**۱۷۷۸**) بود. کوویه، آگاسی و کسانی دیگر تاریخچه‌ی زمین را یک رشته رویدادهای پر تلاطم شدید، از جمله حتی توفان نوح، می‌دانستند. از دیده‌ی آنان هیچ چیز به تدریج یا به کندی اتفاق نمی‌افتد که «یکنواخت‌گرایان» اعتقاد داشتند. از نظر آگاسی، مفهوم عصر یخبندان (**۱۸۳۶**)، که وی از طریق تحقیقات تلاش زیادی در جهت ارتقا دادن و توجیه کردن آن انجام داد (و یک زمانی هم آن را «خیش بزرگ خداوند» نامید)، از دیده‌ی او صرفاً تداوم الگوی فاجعه‌های مکرر به‌شمار می‌آمد.

کلود برنار: اهمیت «محیط داخلی بدن»

۱۸۵۱ کلود برنار فرانسوی می‌خواست نمایشنامه‌نویسی موفق باشد اما در این زمینه چندان استعدادی نداشت، علیرغم این‌که هر وقتِ اضافی که در خارج

از پیشه‌ی ملال‌آورش به عنوان شاگرد عطار پیدا می‌کرد، به تئاتر می‌پرداخت. وی درام حماسی *آرتور اهل برتانی* خود را به یک منتقد پاریسی ارائه داد و او صریح و بی‌پرده به وی گفت که باید راه دیگری در پیش بگیرد.

برنار راه طب را برگزید، و علیرغم این‌که هم فقیر بود و هم خجالتی، و گذراندن امتحان‌های پر زحمت و شاق، مقام دستیار محققی را نزد یک پزشک به دست آورد. وی با دختر یک پزشک ثروتمند ازدواج کرد تا به درآمد ناچیزش نیز کمکی شود، اما این ازدواج آشوبناک و پر تب و تاب از آب درآمد. با همه‌ی این احوال، کارش رونق گرفت. وی پژوهشگری ماهر، مشتاق و متعهد بود و به کشف‌های مهمی در حوزه‌ی فیزیولوژی انسانی نایل آمد.

نخستین پیروزی او در زمینه‌ی لوزالمعده بود، که عملکردش در آن زمان ناشناخته بود. برنار پی برد لوزالمعده ماده‌ای شیمیایی (آنزیم) می‌سازد که وقتی به داخل شکم (امعا و احشا) ترشح می‌شود، به تجزیه‌ی چربی‌ها کمک می‌کند. وی همچنین کشف کرد که قسمت اعظم گوارش نه در معده بلکه در روده‌ی کوچک اتفاق می‌افتد. آنگاه توجه خود را متوجه کبد کرد. وی دریافت که کبد کربوهیدراتی را تولید می‌کند که وی آن را «گلیکوژن»، متشکل از واحدهای کوچک قند خونِ (گلوکوز) به هم پیوسته، نامید. کبد این ماده‌ی غنی از انرژی را ذخیره و سپس در هنگام نیاز آن‌ها را رها می‌کند و به خون برمی‌گرداند.

قدرتمندترین بینش او، که حدود سال ۱۸۵۱ به ذهنش خطور کرد، از مطالعه‌ی خون‌رسانی به اندام‌های گوناگون و پوست حاصل شد. به نظر می‌رسید این امر از دمای خارجی متأثر می‌شود، که رگ‌ها با گشاد و تنگ شدن جریان خون را افزایش یا کاهش می‌دهند. در هوای خیلی سرد، خون غنی از اکسیژن از پوست پس می‌نشیند (که به این علت است که در سرما سفید و یا حتی آبی‌رنگ می‌شویم) و در داخل اندام‌های حیاتی متمرکز می‌شود تا آن‌ها را فعال نگه دارد. در هوای گرم، خون در پوست جاری می‌شود («پوستمان گل می‌اندازد») به گونه‌ای که گرمای اضافی می‌تواند در هوا رها شود.

در این رهگذر، دمای داخلی بدنمان را تقریباً ثابت، در سطحی که اجزاء و اندام‌ها به بهترین وجه کار کنند، نگه می‌داریم. لرزیدن در هنگام سرما و عرق ریختن در هنگام گرما، جزئی از این سازوکار کنترلی دما به‌شمار می‌آیند. اگر فاصله‌ی ما از این دمای مرجح خیلی زیاد شود، بر اثر سکته‌ی قلبی یا هیپوترما (کاهش غیرطبیعی دمای بدن) است. برنار دریافت که بدن از یک رشته از چنین کنترل‌گرهایی برخوردار است،

که بر سیستم‌های گوناگون بدن تأثیر می‌گذارند و محیط داخلی بدن ما را پایدار نگه می‌دارد، وی این سازوکار را «homeostasis» نامید.

برنار برای اثبات و جا انداختن این کشف و کشف‌های دیگرش (از جمله این‌که هموگلوبین پروتئین در گلبول‌های قرمز اکسیژنی را حمل می‌کند که کربن مونوکسید با پیامدهای مهلک می‌تواند جایگزین آن شود)، هم از مشاهده و هم آزمایش دقیق سود جست تا فرضیه‌ها را بیازماید، مبنی بر این باور که همان قوانین فیزیکی و شیمیایی در مورد موجودات زنده صادق‌اند که در مورد ماده‌ی غیر زنده صدق می‌کنند. شاید وی نخستین دانشمند علوم پزشکی به معنای مدرن باشد و کتاب درسی‌اش درباره‌ی روش‌هایش، «کتاب مقدس» این مباحث در سالیان دراز بوده است.

شاعر دوران جدید با انسانی کردن هنر برجسته شده است و سردی و بی‌عاطفگی علم به این طریق شاخص است: هنر عبارت است از «من» و علم عبارت از «ما».

کلود برنار

برنار، علیرغم خاستگاه دهقانی‌اش، به یکی از مشهورترین و پر بارترین دانشمندان زمانه‌ی خود تبدیل شد. در سال ۱۸٦۵ که برنار بر اثر عفونت کلیه درگذشت، دولت فرانسه هزینه‌های خاکسپاری او را پرداخت کرد؛ وی نخستین دانشمند فرانسوی بود که به چنین افتخاری نایل آمد.

ادوارد فرانکلند: ظرفیت، کلید علم شیمی

۱۸۵۲ در قرن نوزدهم بود که آدمی برای نخستین بار به اهمیت آب پاکیزه پی برد. آب بدون آلودگی نه تنها برای آشامیدن و شست و شو خوشایند است، بلکه بیماری را شایع نمی‌کند یا علت بیماری نمی‌شود. آزمایش جان اسنو در مورد تلمبه‌ی آب در برود استریت، لندن، در خلال یک همه‌گیری وبا (۱۸۵٤) معلوم کرد که آب آلوده با فاضلاب یا پساب‌های صنعتی خطرناک است. این آزمایش طبعاً با توجه به اندازه‌گیری آلودگی بیولوژیکی (زیستی) یا شیمیایی در آب، و به راه‌های پاکسازی و پالایش آن، مثلاً از طریق پالایه‌گذاری، منجر شد.

ادوارد فرانکلند، شیمیدان انگلیسی، یکی از چهره‌های مهم در کل این حوزه به‌شمار می‌آید. وی به عنوان یکی از اعضای یک کمیسیون سلطنتی در خصوص آلودگی رودخانه‌ها، شش سال در آزمایشگاه به گردآوری اسناد و مدارک درباره‌ی جزئیات انواع آلودگی گذراند که معمولاً یافت می‌شد. وی همان موقع گزارش‌های ماهانه‌ای درباره‌ی کیفیت آب لندن فراهم آورد؛ وی تا پایان عمرش به این کار ادامه داد و توانست بهبود مداوم و منظم کیفیت آب را همراه با سفت و سخت‌تر کردن مقررات دولتی در برابر تخلیه‌ی پسماندها به داخل جوی‌ها و رودخانه‌ها، با ارائه شواهد و مدارک اثبات کند.

متقاعد شده‌ام که پیشرفت آینده‌ی شیمی به عنوان یک علم دقیق به نحو پر دامنه‌ای به پیوند با ریاضیات بستگی دارد.

ادوارد فرانکلند

آوازه‌ی فرانکلند تا آن موقع جا افتاده بود. فرانکلند در مقام شیمیدانی متمرکز بر مباحث علمی همتاهای اندکی داشت (وی نیز مانند همفری دیوی کار خود را از شاگردی عطاری آغاز کرد)، اما کارهایش از این محدوده‌ها فراتر رفت. در سال ۱۸۵۲ یکی از جنبه‌های بنیادی مواد شیمیایی را وقتی با یکدیگر واکنش برقرار می‌کردند و ترکیب می‌شدند، تعیین کرد. این ایده از مطالعات پر دامنه‌ی او در زمینه‌ی «ترکیب‌های آلی فلزی» حاصل شد که از برقراری واکنش بین فلزاتی چون روی، جیوه، ارسنیک، آنتیموان و قلع با ترکیبی «آلی» (حاوی کربن) مانند ترکیب‌هایی که موجودات زنده می‌سازند، تولید می‌شد. بسیاری از این مواد بسیار نامطبوع از کار درآمدند؛ متیلِ جیوه در آب آشامیدنی به نقص عضو نوزادان می‌انجامد.

فرانکلند در پیکربندی این ترکیب‌ها الگوهای بسیار منظمی یافت؛ نسبت بین تعداد اتم‌های نیتروژن، فسفر، ارسنیک و آنتیموان به تعداد اتم‌های سایر عناصر ظاهراً سه یا پنج بود. چنین الگوهایی در جاهای دیگر هم یافت شد، تا آنجا که فرانکلند توانست «قدر ترکیبی» اتم را، بر حسب تعداد اتم‌های سایر عناصری که باید با آن ترکیب شوند، تعیین کند. به نظر می‌رسید این تعداد ثابت است. برای نیتروژن و فسفر و سایر ترکیب‌ها این نسبت معمولاً ضریبی از سه و پنج درمی‌آمد، برای اکسیژن و گوگرد ضریبی از دو یا شش، برای کربن و سیلیسیم چهار، برای فلزات «قلیایی» فعال

چون سدیم یک بود، چنان‌که برای هالوژن‌ها (کلر، برم و ید) نیز یک بود.

اکنون این خاصیت را «ظرفیت» می‌نامیم و ظرفیت هیدروژن را مرجع و یک می‌گیرند. به این ترتیب، فرمول‌های HCl، H_2O، NH_3، CH_4 نشان می‌دهند که ظرفیت کلر، اکسیژن، نیتروژن و کربن، به ترتیب، عبارت‌اند از یک، دو، سه و چهار. شیمیدان‌ها با تکیه بر این یافته‌ها توانستند به اجزای تشکیل‌دهنده‌ی صدها ترکیب گوناگون و حتی به تناوب امتزاج ترکیب‌هایی که هنوز کشف نشده بودند، پی ببرند. ظرفیت یکی از اصول مهم وحدت‌بخش در علم شیمی را اثبات کرده بود.

فرانکلند پذیرفت که نمی‌تواند ظرفیت را توضیح دهد و در این راه تلاشی هم نکرد. به همان که رسیده بود اکتفا کرد. سر و کله‌ی این اصل بار دیگر در جدول تناوبی دیمتری مندلیف (**۱۸٦۹**) پیدا شد. عناصر یک ستون این جدول، که یک گروه هم نامیده می‌شدند (گروه چهارتایی نیتروژن، فسفر، ارسنیک و آنتیموان) جملگی دارای ظرفیت یکسان‌اند. باید تا قرن بیستم انتظار می‌کشیدند تا نابغه‌ای چون نیلس بور (**۱۹۲٦**) این موضوع را توضیح دهد.

جیمز ژول و لرد کلوین: گازها منبسط و سرد می‌شوند

۱۸۵۲ این آزمایش پیش‌پا افتاده را انجام دهید. به پشت دستتان فوت کنید؛ باد را سرد احساس می‌کنید. با دهان گشوده فوت کنید؛ باد را گرم احساس خواهید کرد. لاستیک دوچرخه را با تلمبه باد کنید؛ لوله‌ی تلمبه داغ خواهد شد. بگذارید باد این تایر (یا یک بادکنک) خالی شود، بادش را سرد حس خواهید کرد. این‌ها مشاهدات ساده و روزمره‌اند، اما تا سال ۱۸۵۲ کسی به آن‌ها توجهی نکرد تا این‌که لرد کلوین (**۱۸٤٦**) و جیمز ژول (**۱۸٤۷**)، دانشمندان انگلیسی، نظری واقعی به این موضوع‌ها انداختند. به این دلیل است که گرایش یک گاز به سردتر شدن در هنگام انبساط (افزایش حجم) و داغ‌تر شدن در هنگام فشرده شدن (به زور در یک حجم کوچک قرار گرفتن) اثر ژول- تامسون نامیده می‌شود (کلوین به نام ویلیام تامسون تعمید داده شد).

این اثر مطالب و مسائل بسیار زیادی را توضیح می‌دهد، از جمله این‌که چرا هوا در قله‌ی کوه سردتر از دامنه‌هاست، هرچند که قله به خورشید نزدیک‌تر است. هوای گرمی که از سطح زمین بالا می‌رود منبسط می‌شود (زیرا فشار کم‌تر می‌شود) و از این رو سرد خواهد شد. این اثر راه و روش بنیادی برای تبدیل گاز به مایع را فراهم آورد. گاز ابتدا فشرده می‌شود (و اجازه داده می‌شود که دوباره سرد شود، زیرا

داغ شده است). سپس از طریق یک سر لوله منبسط می‌شود و می‌تواند تا آنجا سرد شود که نقطه‌ی جوش آن افت کند، و از طریق میعان به مایع بدل خواهد شد. تا سال ۱۹۰۰ هوا را مایع کرده بودند، به همان ترتیب که نیتروژن و اکسیژن را جداگانه مایع کرده بودند.

اثر ژول- تامسون، نباید اصلاً یافت می‌شد، اگر ذرات گاز مانند توپ‌های پینگ پونگ ریزی رفتار می‌کردند که دانشمندان تا آن زمان تصور می‌کردند. چنین ذراتی وقتی به هم برخورد می‌کنند یکدیگر را می‌جهانند و در غیر این صورت اصلاً برهم‌کنشی بین آن‌ها برقرار نمی‌شود. برای توضیح دادن اثر ژول- تامسون، باید به این مدل افزوده شود: ذرات یک گاز واقعی باید ربایش اندکی نسبت به یکدیگر داشته باشند، هرچند که نه آنقدر که برای چسباندنشان به یکدیگر کافی باشد (این امر در مایعات اتفاق می‌افتد). باید برای بلند کردن یک سنگ انرژی مصرف کنید تا بر نیروی ربایش گرانشی غلبه کنید. به همین ترتیب، وقتی یک گاز منبسط می‌شود و ذرات از هم دور می‌شوند، برای غلبه بر ربایش متقابل مصرف انرژی لازم است. این انرژی باید از انرژی حرکتی ذرات تأمین شود، و از این رو سرعتشان کند می‌شود، و گاز سردتر خواهد شد.

توضیح ژول- تامسون اثر «چوب‌پنبه‌ی شامپاین» را هم تشریح می‌کند. چوب‌پنبه در یک نوشابه‌ی گازدار را با صدای بامب خارج کنید، آنگاه غالباً یک لکه‌ی مِه رقیق در داخل گلویی بطری مشاهده می‌کنید. کم شدن ناگهانی فشار، هوا را آنقدر سرد می‌کند که بخار آب را در آن بطری به قطره‌های ریز مایع تبدیل کند و از این رو یک ابر را تشکیل دهد. ◀◀ ۱۸٦۲

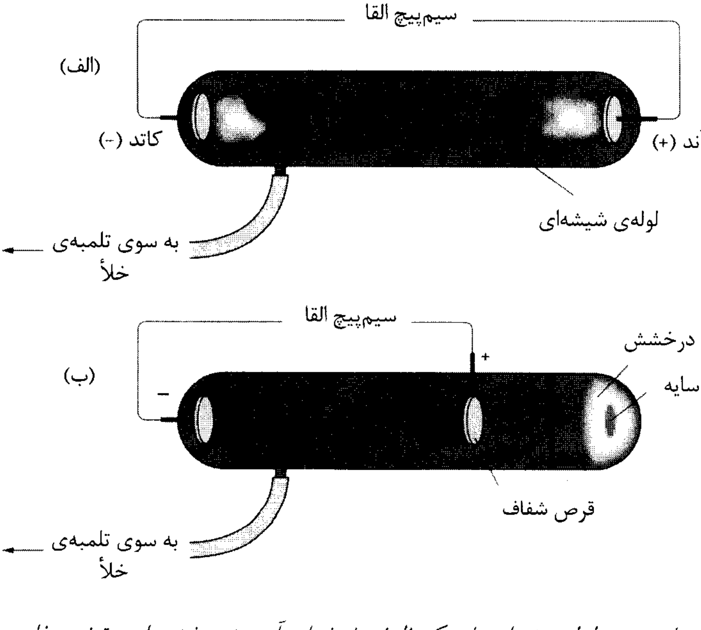
هاینریش گایسلر: عبور الکتریسیته از هوا

۱۸۵۴ با آغاز «عصر الکتریک» (۱۸۰۰)، برخی فیزیکدانان اشتیاق داشتند در آزمایشگاه الکتریسیته را از طریق هوا عبور دهند، درست مانند همان اتفاقی که در طبیعت در هنگام زدن آذرخش می‌افتد. کار آسانی نبود، و به جریان با ولتاژ بسیار بالا (۱۸۲٦) نیاز داشتند. به زودی پی بردند که اگر مقداری از هوا ابتدا به بیرون تلمبه شود، جریان آسان‌تر عبور می‌کند. یک خلأ جزئی بهتر می‌توانست جریان را عبور دهد تا هوا در فشار متعارف.

در سال ۱۸۵٤ هاینریش گایسلر فیزیکدان آلمانی با «لوله‌های تخلیه‌اش» راهی برای انجام این کار نشان داد. وی دو تیغه‌ی فلزی (الکترود) را در داخل یک لوله‌ی

دو سر بسته چسبانید و این تیغه‌ها را به یک سیم‌پیچ القایی متصل کرد؛ این سیم‌پیچ نوعی مبدل یا ترانسفورماتور (**۱۸۳۱**) بود که ولتاژهای زیادی را تأمین می‌کرد. یکی از الکترودها بار مثبت (آنُد) و دیگری بار منفی (کاتد) داشت.

این لوله به یک تلمبه‌ی تخلیه‌ی هوا هم متصل بود. این وسیله‌ها از زمان اوتو فون گریکه و رابرت بویل در ۲۰۰ سال قبل (**۱٦٥٧، ١٦٥٩**) راه درازی پیموده بودند. آنان فقط پیستون‌هایی در اختیار داشتند و فقط خلأ متوسطی را تهیه می‌کردند. اکنون گایسلر تلمبه‌ی خلأیی را طراحی کرده بود که برای جمع‌آوری کردن و بیرون راندن هر گونه ذره‌ی باقی‌مانده از بخار جیوه استفاده می‌کرد. مدل‌های بعدی از هر ۱۰۰,۰۰۰ ذره‌ی هوا، فقط یکی از آن‌ها را در لوله باقی می‌گذاشت.



(الف) *ساده‌ترین «لوله‌ی تخلیه» از یک ظرف شیشه‌ای آب‌بندی شده با دو تیغه‌ی فلزی کار گذاشته شده (کاتد و آند) متصل به یک منبع پر ولتاژ، تشکیل می‌شود. یک پمپ خلأ هوا را از لوله خارج می‌کند. با افت فشار، لکه‌های نوری با فضاهای تاریک بین آن‌ها ظاهر می‌شود.* ***(ب)*** *در فشار خیلی پایین، لوله تاریک است اما شیشه در سر مخالف کاتد شروع به درخشیدن می‌کند. آند سایه‌ای روی این روشنایی می‌اندازد. میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی سایه را به هر سو حرکت می‌دهند که نشان می‌دهد «پرتوهای کاتدی» نامرئی که سبب درخشش می‌شوند، ذرات باردارند.*

در حالی‌که گایسلر گاز را تخلیه می‌کرد، مشاهده کرد که گاز شروع به درخشیدن کرده است؛ تخلیه‌ی الکتریکی روشنایی‌هایی با رنگ‌های مختلف در گازهای گوناگون ایجاد می‌کرد؛ این یکی از پیش‌بینی‌های تابلوهای نئون بعدی به‌شمار می‌آید. با تخلیه‌ی گاز بیشتر و افت بیشتر فشار، روشنایی در مکان‌های معینی متمرکز می‌شد که بین آن تاریکی ایجاد می‌شد. وقتی همه‌ی هوا عملاً خارج شد، وی چیزی به راستی جالب مشاهده کرد. لوله‌ی تخلیه خودش تاریک شد، اما جداره‌ها در یک سر لوله با نور سبز اسرارآمیزی می‌درخشید.

آزمایشگران دیگری، چون ژولیوس پلوکر در آلمان و ویلیام کروکس در انگلستان (وی بعداً در تحقیقات فراروان‌شناختی نیز فعال شد)، برای فهم علت این درخشش شدیدتر به جستجو و کاوش پرداختند. یکی از نخستین حدس‌ها در این خصوص از این قرار بود که شکلی نامرئی از انرژی از کاتد خارج می‌شود، زیرا جداره‌های بالای آن سر لوله نمی‌درخشند. به زودی از «پرتوهای کاتدی» سخن به میان آمد.

اما این پرتوها از چه نوعی بودند؟ شواهد در این مورد آشکار و واضح نبودند. درست در پشت آند لوله نمی‌درخشید. برخی لوله‌ها از یک آند به شکل صلیب مالت تشکیل می‌شدند تا اثر این سایه را واضح نشان دهند. آلمانی‌ها ادعا کردند که برای این‌که سایه‌ی واضحی بیفتد پرتوها باید به خط مستقیم حرکت کنند، که نور چنین خاصیتی را نداشت. ویلیام کروکس لوله‌ای ساخت که این امکان را فراهم می‌آورد که یک چرخ پره‌دار کوچک واقع در مسیرشان را به گردش وا می‌دارد. این به آن معنا بود که پرتوها تکانه داشتند و می‌توانستند نیرویی را وارد آورند، همان‌گونه که ذرات می‌توانستند این کار را انجام دهند.

به این ترتیب آیا پرتوهای کاتدی شبیه به امواج نور بودند یا شبیه به ذرات؟ تحقیقات بیشتر (**۱۸۹۵ پرتوهای کاتدی**) به این پرسش پاسخ می‌داد و ما را هم به انبوهی از کشف‌ها هدایت کرد: پرتوهای ایکس، علم الکترونیک، تلویزیون و ساختار نهایی ماده. این‌ها فقط چند مورد از یک سیاهه‌ی درازند.

هرمان هلمهولتس: پایان عالم

۱۸۵۴ هرمان هلمهولتس، فیزیکدان آلمانی که به خاطر مطالعاتش در زمینه‌ی نُت‌های موسیقی و کارکرد چشم آدمی نامبردار است، نخستین کسی بود که «مرگ گرمایی عالم» را پیشگویی کرد. در عالَم مرده‌ی وی، انرژی فراوانی وجود

دارد، اما باید بتوانیم از آن بهره گیریم وگرنه همه چیز متوقف می‌شود. در بزرگ‌ترین تصویر، این مرگ اجتناب‌ناپذیر ظاهر شد.

در زمان وی، یک فهم و درک جدید از گرما بین آن و حرکت ارتباط برقرار می‌کرد؛ به بیان تخصصی، منظور حرکت اتم‌ها و مولکول‌ها در ماده است. گازها قسمت اعظم جهان هستی را می‌سازند. بنا بر نظریه‌ی جنبشی گازها، یک نمونه از یک گاز داغ‌تر از نمونه‌ی دیگر است زیرا ذراتش، دست‌کم به طور میانگین، سریع‌تر حرکت می‌کنند. این دو نمونه‌ی گاز را در دماهای مختلف بیامیزید، آنگاه ذراتش شروع می‌کنند به برخورد کردن، و انرژی حرکتی‌شان را با هم تقسیم می‌کنند. ذرات با حرکت سریع از گاز داغ‌تر به ذرات کندتر در گاز سردتر انرژی می‌دهند. با فرض این‌که فرصت کافی باشد، ذرات تمامی این مخلوط سرعت میانگین یکسانی پیدا خواهند کرد؛ هرگونه اختلاف دمایی از بین می‌رود، و «تعادل گرمایی» حاصل می‌شود.

هلمهولتس معتقد بود که این فرایند متعادل‌کننده همواره و در سطح جهان هستی جاری است. طی میلیون‌ها سال، اختلاف دمای اولیه باید ناپدید شود، و یکنواختی ملایمی بر جای گذارد. به بیان دیگر، انتروپی (به معنای بی‌نظمی) بایستی به حداکثر برسد (**۱۸۶۵**). چرا چنین است؟ ذرات گاز هنوز هم در هر سو در حرکت‌اند، و از این رو مقدار زیادی انرژی وجود دارد. قانون بقای انرژی از دست رفتن هر گونه انرژی را ممنوع می‌کند.

اما این اصل هم نقض می‌شود. توربین گازی به این علت به چرخش درمی‌آید که گازهای ورودی نسبت به گازهای خروجی داغ‌ترند. بادها به ناحیه‌ای می‌وزند که داغ‌تر از مکانی‌اند که آن را ترک کرده‌اند. اختلاف دما در موتورها در طبیعت بسیار مهم است. بدون این اختلاف دما، هیچ کار مفیدی نمی‌تواند انجام شود. به گفته‌ی هلمهولتس، این گونه «مرگ گرمایی» در مقیاس وسیعی در انتظار جهان هستی است.

اما گاهی بزرگ‌ترین تصویر زیادی بزرگ است. فیزیکدان آلمانی دیگر، لودویگ بولتسمان، خبرهای بهتری می‌داد. در سال ۱۸۹۷ وی هیچ دلیلی نمی‌دید که چرا قطعه‌های بزرگ عالم، به بزرگی کهکشان‌ها و یا بزرگ‌تر، نباید از «تعادل گرمایی» کنار بماند و سرشار از تنوع، حیات، کنش برای دوره‌های طولانی زمان بماند. مادام که انرژی وجود دارد تا به مصرف تداوم اختلاف‌های دمایی برسد، می‌توانیم با «مرگ گرمایی» مقابله کنیم. گوشه‌ی دنج ما در جهان هستی هم‌اکنون دارد این کار را انجام می‌دهد.

جان اسنو: وبا در آب

۱۸۵۴ در سال ١٨٥٤ بار دیگر در ناحیه‌ی سوهوی لندن بیماری وبا شایع شد. همه‌گیری وبا، تیفوس و حصبه (تیفوئید) برای شهرهای پر جمعیت اروپا به قیمت زیادی تمام می‌شد، و در شرایط همه‌گیری بسیار فاحش صدها هزار نفر از مردم هلاک می‌شدند. بسیاری از پزشکان معتقد بودند بیماری وآلودگی و ناپاکی محیط به نحوی با هم رابطه دارند. بهداشت همگانیِ ابتدایی و بَدَوی زمانه ناظر بود بر مدفوع و ادرار انسان، آمیخته با زباله‌های گندیده، که در چاه فاضلاب و مستراح با بوی وحشتناکش، در خیابان روی هم تلنبار می‌شد. غالباً بیماری‌های واگیردار شایع بود. مرگ و میر در میان تنگدستان حاشیه‌های پر جمعیت، کثیف و مرطوب، بدون زهکش مناسب، بسیار پر دامنه بود.

اما بیماری واقعاً چگونه ایجاد و از تجزیه‌ی پسماندهای آدمی پخش می‌شد؟ نظریه‌ی «بخار بدبو یا دَم» بسیار پر طرفدار بود. بنا بر این نظریه پسماندهای گندیده و متعفن نوعی بخار مرگ‌زا متصاعد می‌کردند که به داخل خانه‌ها نشت می‌کرد و با خود بیماری می‌آورد. از جمله‌ی هواداران نظریه‌ی «دَم» مقامات مسئول بهداشت و سلامتی و پیشگام پرستاری، فلورانس نایتینگل بودند. مقامات مسئول بهداشت همگانی با ساختن فاضلاب‌رو برای دام انداختن هوا و بخارات زیانبار (و پسماندهای حاصل از آن‌ها) در لوله‌های زیرزمینی و هدایتشان به محل‌های امن، مثلاً در نزدیک‌ترین رودخانه، به وظایف خود پاسخ می‌دادند.

جان اسنو، پزشک لندنی نظریه‌ی متفاوتی را مطرح می‌کرد. به نظر وی چنین بیماری‌هایی از طریق آب منتقل می‌شد نه از طریق هوا، شاید به این علت که آب حاوی موجودات زنده‌ی ریزی است شبیه به «جانوران ذره‌بینی» که آنتونی وان لونهوک هلندی آن را زیر میکروسکوپ خود دیده بود (**١٦٧٣**). در قرن هجدهم، مارکوس پلنیز، پزشک اتریشی، ادعا کرده بود که «هر بیماری سازوکار خاص خودش را دارد» (**١٧٦٢**). اما هیچ‌کس بین سازوکار خاصی با یک بیماری رابطه‌ای برقرار نکرده بود، و از این رو «نظریه‌ی میکروب» برای کسب اعتبار به مبارزه برخاست.

در بروز همه‌گیری وبای سال ١٨٥٤، اسنو نقشه‌ی مکانی را که قربانیان در آنجا زندگی کرده بودند، ترسیم کرد. خانه‌ی تقریباً تمامی افراد هلاک شده بسیار به یک چاه و تلمبه در خیابان برود واقع بود. مردمی که در نزدیکی تلمبه‌های دیگر زندگی می‌کردند به بیماری مبتلا نشدند مگر این‌که آبشان را از تلمبه‌ی برود استریت برداشت می‌کردند یا کودکشان به مدرسه‌ی نزدیک این تلمبه می‌رفت. اسنو ترتیبی داد تا آن

تلمبه بسته شود و هیچ کس از آب آن استفاده و برداشت نکند. همه‌گیری وبا تقریباً ناگهانی فرو نشست و متوقف شد.

اسنو نه تنها تأیید کرد که وبا از طریق آب منتقل می‌شود ونه از طریق هوا و از این راه جان بسیاری را نجات داد؛ وی رویکرد نوینی به بهداشت همگانی را ابداع کرد که بعداً اپیدمیولوژی (تخصص بیماری‌های واگیردار) نامیده شد. مطالعه‌ی دقیق چگونگی گسترش یک بیماری غالباً به یافتن علت آن کمک می‌کند. اسنو نمی‌دانست چه چیزی در آب وجود دارد که سبب بیماری می‌شد. هرچند نه وی و نه کس دیگری در لندن از این عامل اطلاع نداشت، این مقصر و مجرم موجود زنده‌ی ریزی بود به نام *ویبرم کلرا* که در همان سال شناسایی شد.

شگفتی‌های قطران ذغال سنگ

۱۸۵۶ قطران ذغال سنگ خیلی نویدبخش و مایه‌ی امیدواری به نظر نمی‌رسد؛ جرمی ضخیم، سیاه رنگ، بویناک و نفتی و چرب است که وقتی ذغال سنگ در ظرف بسته‌ای برای تولید کُک (برای ذوب سنگ آهن) و گاز ذغال (برای تأمین روشنایی و گرما) به شدت حرارت داده شد («تقطیر ویرانگر»)، بر جای ماند. شیمیدانان به زودی حدس زدند که قطران ذغال سنگ یک تک‌ماده نیست بلکه آمیزه‌ای از ترکیب‌هاست، که بعضی از آن‌ها می‌توانند از طریق تقطیر ملایم‌تر («ناویرانگر») آزاد شوند. اگر گرمایش به دقت و در دمای مناسب انجام شود، ترکیب‌های گوناگون می‌توانند به دست آیند و یک به یک چگالیده شوند.

یکی از کشف‌های اولیه عبارت بود از ترکیب آنیلین و خویشاوند نزدیکش فنل. فریتلیپ رونگه‌ی آلمانی این دو ماده را در سال ۱۸۳٤ یافت. فنل را بعداً «کربنیک اسید» نامیدند و به خاطر توانایی‌اش در کشتن ریزاندامگان‌ها که می‌توانند موجب شیوع بیماری‌ها باشند، ماده‌ای ارزشمند شناخته شد. این ماده در رشد و توسعه‌ی اولیه‌ی جراحی با مواد ضدعفونی کننده، نقش عمده‌ای ایفا کرد.

شیمیدانان انگلیسی با برآورد و تخمین کم‌رنگی که از آنیلین بی‌رنگ و چرب در ذهن داشتند، فکر می‌کردند این ماده باید مثل گنه گنه، تنها داروی مقابله با مالاریا، مصیبت آن زمان امپراتوری بریتانیا، باشد. در سال ۱۸٤٥، ویلهلم هوفمان، شیمیدان پیشگام و پیشرو آلمانی وارد شد تا مدرسه‌ی سلطنتی شیمی تازه تأسیس را در لندن اداره کند، با این وظیفه‌ی اصلی که به نحوی آنیلین را به گنه گنه تبدیل کند.

در سال ۱۸۵٦ ویلیام پرکین، یکی از دستیاران آزمایشگاه که سن و سالش هنوز به بیست سال نرسیده بود، بین آنیلین و پتاسیم بی‌کرومات واکنش برقرار کرد و حاصل را در الکل شستشو داد. وی گنه‌گنه‌ای نیافت، اما یک رنگدانه‌ی ارغوانی زیبا به نام ارغوانی پرکین به دست آمد. این نخستین رنگدانه‌ی رنگی ترکیبی (مصنوعی) بود، و سرچشمه‌ی بخت و اقبال شخصی پرکین به‌شمار آمد. وی آن مدرسه را ترک و یک تجارت رنگ‌سازی را با سرمایه‌ی پدرش راه انداخت. ارغوانی به سلیقه‌ی روز و رنگ مورد علاقه‌ی پوشاک بانوان بدل شد. کار پرکین گرفت. زیست‌شناسی نیز از این رهگذر سود برد. ارغوانی پرکین در رنگ کردن گونه‌های گیاهی و جانوری بسیار مفید از کار درآمد و جزئیات پنهانی را آشکار کرد (**۱۸٦۹ میشر و فلمینگ**).

رنگ مصنوعی (ترکیبی) یا صنعت رنگ قطران ذغال سنگ متولد شد. این صنعت شتابان رشد کرد؛ بخصوص در آلمان پس از بازگشت هوفمان به وطن خودش. رنگدانه‌های مصنوعی در رنگ‌های بسیار دیگر به زودی ساخته شد؛ رنگدانه‌ها، در کنار داروها و سایر فراورده‌های مفید ساخته شده از قطران ذغال سنگ، باید سرچشمه قدرت صنعتی و اقتصادی آلمان قرن بیستم به‌شمار آیند. این ماجرا جنبه‌های منفی هم داشت؛ بسیاری ترکیبات تقطیر شده از قطران ذغال سنگ سرطان‌زا از کار درآمدند.

یافتن نیاکانمان

۱۸۵۶ در سال ۱۸۵٦ برخی از تکه‌های معمایی و شگفت‌آور استخوانی در یک معدن سنگ آهن در دره‌ی نئاندر (به زبان آلمانی نئاندرتال) یافته شد؛ این نام ظاهراً از اسم آهنگسازی برآمده که یواخیم نئاندر نام داشت و در آن نزدیکی زندگی می‌کرد. کارگران گمان می‌کردند که این استخوان‌ها، که شامل تکه‌های جمجمه، بازوها، ساق پاها و دنده‌ها، باید متعلق به یک خرس باشد، اما بیشتر به استخوان‌های یک انسان شباهت داشتند، اگر نه کاملاً. هرچه تکه‌های بیشتری از «انسان نئاندرتال» جمع‌آوری می‌شد، معلوم شد که این موجودات، که ظاهراً اکنون منقرض شده‌اند، احتمالاً می‌توانستند نیاکان ما باشند. آن‌ها کوتاه قامت و قوی هیکل و دارای عضلات قدرتمند بودند، با بینی بزرگ، با جمجمه‌های قوی، پیشانی شیب‌دار و آرواره‌های تو رفته، و مغزشان هم نسبت به مغز کنونی ما بزرگ‌تر بود. به نظر می‌رسید با زندگی در اقلیم‌های سرد سازگار شده بودند.

متجاوز از ٤۰۰ گونه از این موجودات شناخته شده است، که در سرتاسر آسیا و اروپا پراکنده‌اند. ظاهراً در خلال چندین صد هزار سال نشو و نما کرده‌اند، که در

ایامی که آن‌ها زندگی می‌کردند ناحیه‌ی مکان زندگی‌شان غالباً پوشیده از یخ بود. نامی که اکنون به آن‌ها داده شده، *انسان اندیشه‌ورز نئاندرتال*، نشان می‌دهد که از گونه‌ی ما انسان‌ها بوده‌اند. آن‌ها با بدنی پوشیده از پشم، به سختی با اسکیموهای مدرن قابل تشخیص‌اند.

گروه دیگر «پیش انسان‌ها» در سال ۱۸٦۸ در فرانسه یافت شدند. «انسان کرومانیون» ظاهراً با انسان نئاندرتال همزیستی می‌کرد اما ظاهرشان تقریباً شبیه به ما بود. اکنون می‌دانیم که نشانه‌های فرهنگ، مانند جواهرات ظریف و غارنگاره‌های بزرگ در فرانسه و اسپانیا، نخستین بار به واسطه‌ی کرومانیون‌ها بروز کرد. به نظر می‌رسد که، سرانجام، انسان نئاندرتال انقراض یافت، و کرومانیون‌ها به ما انسان‌ها بدل شدند، اما جزئیات آنچه که اتفاق افتاد، در حالی که آن‌ها در بخش‌هایی از کره‌ی زمین با هم شریک بودند، هنوز هم محل مجادله و مباحثه است.

امروزه در پذیرش این نکته که این موجودات عمدتاً نیاکان احتمالی ما هستند، تردیدی وجود ندارد، اما در آن زمان که برای نخستین بار کشف شدند این موضوع نظری مباحثه‌انگیز بود. وقتی چارلز داروین در سال **۱۸۷۱** در کتابش با عنوان *منشأ انسان* اظهار داشت که ما انسان‌ها با «میمون‌های آدم‌نمای اولیه (نخستی‌ها)» نیای مشترک داریم، بخصوص با میمون‌های بزرگی چون شمپانزه‌ها و گوریل‌ها؛ این حرف خشم بسیاری را برانگیخت. این عقیده مورد حمله قرار گرفت و حتی بدعت‌آمیز و مغایر این کلام کتاب مقدس تلقی شد که انسان‌ها نژاد خاص و جداگانه‌اند که خداوند خلق کرده است. اما در علم یک نظریه بنا بر آن که چگونه با شواهد منطبق است اثبات یا رد می‌شود؛ و در این مورد شواهد به تدریج زیاد می‌شوند.

در سال ۱۸۹۱ رنه دوبوس، پزشک هلندی، به ترغیب ایده‌های آلفرد والاس (**۱۸۵۸**)، از معاصران داروین، به جمع‌آوری شواهد در هند شرقی (اندونزی کنونی) دست زد. در جاوه‌ی شرقی استخوان‌هایی (یک رأس جمجمه و یک استخوان ران) از یک موجود را پیدا کرد که ابتدا گمان برد یک میمون باشد اما بعداً نتیجه گرفت که «انسان آدم‌نما» (*پیته‌کا نتروپوس*) است، که به حدود یک میلیون سال پیش برمی‌گردد.

ادعاهای دوبوس درباره‌ی «انسان جاوه»‌ای که یافته بود، مانند راه رفتن‌اش با قامت راست، با ناباوری مواجه شد؛ این حرف‌ها هم با نص صریح مذهب مغایر بودند و هم فهم علمی زمانه آن را نمی‌پذیرفت و برنمی‌تافت. دوبوس برای پایان دادن به مباحثه‌ها و مناقشه‌ها استخوان‌ها را به زیرزمین خانه‌اش منتقل کرد، که به مدت سی سال آنجا باقی ماندند.

اما استخوان‌های مشابهی در سال ۱۹۲۷ در چین یافت شد («انسان پکن») و دیگران هم در آفریقا استخوان‌هایی یافته بودند، از جمله یک اسکلت تقریباً کامل در کنیا در سال ۱۹۲۵ یافته شد. این موجود را اکنون *هومو ارکتوس* (انسان راست قامت) می‌نامند، که آن را به انسان امروزی (یعنی، «هومنید») نزدیک می‌کند، اما از گونه‌ی ما انسان‌ها نیست. *هومو ارکتوس* و باریک بود، مناسب برای زندگی در آب و هوای گرم.

به این ترتیب یک داستان باورپذیر درباره‌ی نیاکان آدمی، بر پایه‌ی استخوان‌های پیدا شده، شکل گرفت: با *هومو ارکتوس قامت* که از همان نیاکان میمون‌های بزرگ پدید آمد، نئاندرتال‌ها و کرومانیون‌ها و سپس ما انسان‌ها تکامل یافتیم. اما شکاف‌های بسیاری باقی ماند (**۱۹٦٤ لیکی**).

لویی پاستور: حل مسئله‌ی تخمیر

۱۸۵۶ در سال ۱۸۵٦ که لویی پاستور به استادی شیمی دانشگاه لیل، شهری صنعتی، گمارده شد، یکی از ستارگان در حال طلوع علم فرانسوی به‌شمار می‌آمد. پاستور علاقه‌ی شدیدی به موضوع‌های علمی داشت و برای کمک به کارخانه‌داران و صاحبان رسومات به سرعت برای مسائل و مشکلاتشان راه حل ارائه می‌داد. پدر یکی از دانشجویانش از او سوآلی پرسید؛ وی با تبخیر چغندر الکل می‌ساخت، اما گاهی به جای الکل، لاکتیک اسید تولید می‌شد. موضوع از چه قرار بود؟

> *هیچ مقوله‌ای از علم وجود ندارد که بتوان به آن علم کاربردی (عملی) اطلاق کرد. علم و کاربردهای علم، وجود دارد مانند ارتباط و پیوند میوه به درخت و درخت که میوه را نگه می‌دارد.*
>
> لویی پاستور

در آن زمان، هیچ کس واقعاً نمی‌دانست تخمیر چیست، جز این‌که این عمل انجام می‌شد. این عمل آشکارا متضمن نوعی تغییر شیمیایی بود که قند را به الکل تبدیل و کربن دیوکسید آزاد می‌کرد، اما علت آن چه بود؟ بعضی‌ها حدس می‌زدند که مخمرهایی شناور که در بشکه‌ها یافت می‌شوند عامل تخمیرند، اما باور اکثریت این بود که مخمرها یا ربطی به موضوع ندارند یا خود حاصل تخمیرند. گفتن این

که مخمرها علت این فرایندند بسیار شبیه به «حیات‌گرایی» بود، یعنی همان فلسفه‌ای قدیمی که به نحوی فزاینده از اعتبار می‌افتاد و برای موجودات زنده خواصی فراتر از مطالعات علمی قائل بود.

پاستور پس از کوتاه زمانی به شواهدی در این خصوص دست یافت. میکروسکوپ وی فقط وجود مخمرها را در بشکه‌های الکل‌سازی آشکار کرد. در این بشکه‌ها در جایی که تخمیر از چرخه‌ی فعالیت خارج می‌شد و اسید لاکتیک تولید می‌شد، مخمرها با سایر موجودات میله‌ای شکل ریز در می‌آمیختند. وی به این موضوع هم رسید که برخی مواد شیمیایی تولید شده دارای مولکول‌هایی بودند که فقط به یک سمت می‌پیچند، یعنی، بی‌تقارن‌اند. پاستور، بر پایه‌ی کارهای قبلی‌اش (**۱۸٤۷**) معتقد بود که حضور یک ماده‌ی شیمیایی با فقط یک «دستوارگی» (نه هر دو) حاکی از این بود که موجودات زنده‌ای دخیل و فعال بودند.

پاستور به دو نتیجه رسید. الکل و اسید عملاً به وسیله‌ی موجودات ریز («میکروب‌ها») ساخته می‌شوند. در غیر این صورت باید بی‌تقارن بوده باشند. نیز، در حالی که مخمرها الکل می‌ساختند، میکروب‌های دیگر اسید تولید می‌کردند. هرگاه میکروب‌های مایه‌ی دردسر را از مخلوط دور نگه می‌داشتند همه چیز به‌خوبی پیش می‌رفت. یافته‌های پاستور، طی سال‌ها پیگیری شد، کنترل کیفیت را در صنایعی دگرگون کرد که از تخمیر در این صنایع استفاده می‌شد. سازندگان می‌توانستند درباره‌ی محصول خود در صورتی اطمینان حاصل کنند که آمیزه‌ی میکروب‌ها به درستی و صحیح وارد چرخه‌ی فعالیت می‌شد.

به زودی عامل هر نوع تخمیری، مانند ترش شدن شیر یا فساد پسماندهای انسان، میکروب‌ها شناخته و معرفی شدند، و بسیاری از آن‌ها را زیر میکروسکوپ یافتند. پاستور پی برد که میکروب‌ها را می‌توان با حرارت از بین برد، حتی حرارت ملایم به مدتی کوتاه. این امر آغاز «عمل پاستوریزه کردن» بود، که اکنون در همه جا برای اطمینان از سالم بودن غذاها و طولانی کردن نگهداری مواد غذایی، از طریق کشتن باکتری‌های عامل فساد آن‌ها، به آن عمل می‌کنند. ◀◀ ۱۸٦۲

آلفرد والس: در سایه‌ی داروین

۱۸۵۸ تیرگی نسبی در فضا و شرایط زندگی در انگلستان که در آن آلفرد والس زیست‌شناس تلف شد، در تاریخ یک تصادف بود. نظریه‌ی تکامل، یکی

از دستاوردهای برتر در زیست‌شناسی، کاملاً مستقل از چارلز داروین (**۱۸۵۹**)، به وسیله‌ی والس پرداخته شد. با همه‌ی این احوال داروین امروزه از این بابت زبانزد است.

موضوع عمیق‌تر از این حرف‌هاست. داروین از اعلام ایده‌های ده ساله‌ی خود اکراه داشت زیرا از واکنش‌های خصمانه در قبال آن می‌هراسید. فقط وقتی والس رساله‌ای تحت عنوانی به سبک عصر ویکتوریایی: *گرایش گونه‌ها به جدایی مبهم از نوع اولیه*، برای وی فرستاد، داروین هم تصمیم گرفت مفاهیم مشابهی را که خودش به آن‌ها رسیده بود «در معرض قضاوت همگان» قرار دهد. این تصمیم جرقه‌ی ارائه‌ی مشترک مقاله‌های جداگانه‌ی آن دو را در تشریح یافته‌های هر کدام در انجمن لینه در لندن، در ژوئن ۱۸۵۸، روشن کرد (در آن جلسه هیچ یک از دو مؤلف حضور نداشتند)، و داروین را برانگیخت که تمامی شواهد و مدارک فراوانش را گردآوری کند و در سال بعد (**۱۸۵۹**)، تحت عنوان *بنیاد انواع* (یا *منشأ انواع*) به چاپ برساند و منتشر کند. والیس چنین کتابی را تا سال ۱۸۷۰ منتشر نکرد.

ایده‌های مطرح شده به نحو چشمگیری مشابه بودند. هم داروین و هم والس اندیشه‌های دلسردکننده و تیره و تار توماس مالتوس، اقتصاددان انگلیسی، را در ارتباط با تنازع پایان‌ناپذیر برای هستی و وجود، غنیمت شمردند. از آنجا بود که این بینش را پی گرفتند که «سازگارترین‌ها» با غنیمت شمردن تغییرات کوچک در اندام یا رفتارشان «دوام می‌آورند و باقی می‌مانند». این دو نفر زمینه‌ی مشابهی در کشف و گردآوری شواهد از سر گذراندند. اقامت سه ساله‌ی داروین در کشتی *بیگل* (**۱۸۳۶**) با چهار سالی که والس در جنگل‌های بارانی آمازون و هشت سالی که در هند شرقی سپری کرد، انطباق زمانی داشت.

مسیر زندگی والس آمیزه‌ای از شوربختی و پیروزی بود. آتش‌سوزی و نابودی کشتی تمامی گونه‌هایی را که در برزیل گردآوری کرده و یادداشت‌هایی را که برداشته بود، نابود کرد. با همه‌ی این احوال مطالعاتش در مجمع‌الجزایر مالایا او را سر ذوق آورد تا در خصوص تکامل بیولوژیکی (زیستی) به تفکر بپردازد و نظریه‌ی والس لینه را پروراند، در حالی که بین برنئو و سولاوزی و جنوب بین بالی و لومبوک در رفت و آمد بود. گیاهان و زیاگان در هر دو سوی این خط بسیار متفاوت‌اند، که شواهد و اسناد بسیاری در خصوص نظریه‌ی حیات و حرکت‌های زمین در این ناحیه باز می‌گویند و ارائه می‌دهند. والس بنیانگذار «زیست جغرافیا» بود.

والس تا حدود ۹۱ سالگی زندگی کرد. افتخاراتی نصیب وی شد، که از آن

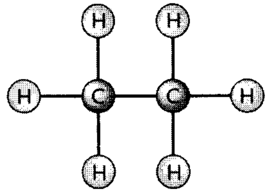
جمله می‌توان نشان لیاقت و مجموعه‌ای از نشان‌ها از انجمن‌های علمی و فرهنگی را برشمرد. وی قطعاً در زمانه‌ی خود به خوبی سرشناس و مورد توجه بود. با همه‌ی این‌ها، امروزه داروین از آوازه‌ای همگانی به عنوان بنیانگذار نظریه‌ی تکامل برخوردار است، شاید به علت کتاب *منشأ گونه‌ها*، شاید هم به علت رویدادهای بعدی (**۱۸۷۱**).

فردریک کِکوله: هیدروکربن‌ها و مارها

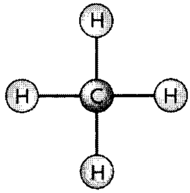
۱۸۵۸ به نظر می‌رسد که فردریک کِکوله‌ی دانشمند آلمانی خیلی هم شیمیدانی عملی نبود. نمی‌شد او را آموزگاری الهام‌بخش هم قلمداد کرد. با این وجود تأثیری ماندگار بر علم شیمی نهاد که تا امروز هم پابرجاست. راه و روشی که به یافته‌های پر دامنه و بزرگ او ختم شد قصه‌ای جالب و کنجکاوی‌برانگیز است.

کِکوله می‌خواست تنوع و تعداد رشدیابنده‌ی ترکیباتی را توضیح دهد که روی هم رفته به آن‌ها هیدروکربن می‌گفتند. شیمیدان آمریکایی، بنیامین سیلی‌مَن، یکبار در سال ۱۸۵٤ شروع به تقطیر نفت خام کرد، و چندین نوع ماده‌ی خالص را در آن باز شناخت، که عمدتاً مایع بودند، و به‌نظر می‌رسید فقط از کربن و هیدروژن تشکیل شده‌اند. خواص آن‌ها مختلف بود. برخی از این هیدروکربن‌ها سبک، و بعضی هم سنگین (چگال‌تر) بودند. برخی به آسانی می‌جوشیدند، و برخی را باید تا دماهای بالا گرما می‌دادند تا به جوش آیند.

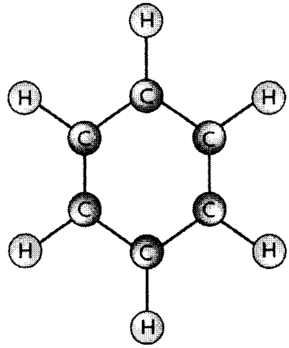
ککوله روی این فرض به کار پرداخت که ظرفیت (والانس) کربن چهار است (**۱۸۵۲**)، یعنی یک اتم کربن می‌تواند با چهار اتم هیدروژن ترکیب شود. این امر تشکیل متان با فرمول CH_4 را توضیح می‌داد. درباره‌ی ترکیب‌های دیگر چه می‌توان گفت؟ ککوله فرض کرد که هر اتم کربن چهار «شاخک» دارد که با اتم‌های دیگر پیوند برقرار می‌کند. فرض کنید یکی از این شاخک‌ها به اتم کربن دیگری وصل شده، که سه شاخک دیگر در هر اتم کربن اتم‌های هیدروژن را به دام می‌اندازند. باید ترکیبی با دو کربن و شش اتم هیدروژن و فرمول C_2H_6 داشته باشیم، که آن را اتان می‌گویند. سه اتم کربن به طور خطی به هم متصل شده و با اتم‌های هیدروژن ادغام می‌شوند و پروپان، C_3H_8، را پدید می‌آورند؛ C_6H_{41} هگزان است؛ C_8H_{81} هم باید اکتان باشد. این زنجیره احتمالاً می‌تواند هر طولی داشته باشد. هر اتم کربن اضافی مایع را غلیظ‌تر و جوش آمدن آن را دشوارتر می‌کند (نقطه‌ی جوش را بالاتر می‌برد).



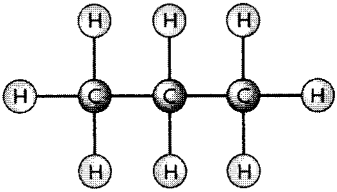
اتان C_2H_6



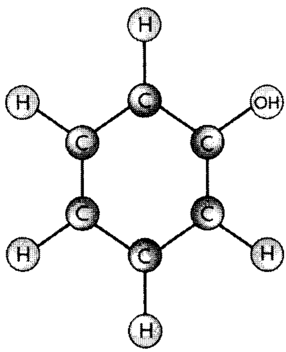
متان CH_4



بنزن C_6H_6



پروپان C_3H_8



فنل (کربولیک اسید) C_6H_5OH

C = کربن
H = هیدروژن
O = اکسیژن

*خیالبافی ککوله چگونه برخی از ترکیب‌های شیمیای آلی (کربن‌دار) معمولی را، از جمله سه تا از سبک‌ترین گازهای هیدروکربن، و بنزن و فنل، را تجسم بخشید؟ اتم‌ها در این ترکیب‌ها را «پیوند کووالانسی» یا «پیوند زوج الکترون» (**۱۹۲۸**)، که با میله‌ها مشخص شده‌اند، کنار هم نگه می‌دارند. فنل یکی از نخستین ترکیباتی بود که از قطران ذغال سنگ استخراج شد (**۱۸۵۶**) و بعداً برای کشتن باکتری‌ها آن را به کار گرفتند.*

ککوله زمانی گفت که ایده‌ی اتم‌های کربن پیونددهنده در زنجیره‌ها در تخیلاتش در حالی که در اتوبوسی در لندن نشسته بود، به ذهنش خطور کرد. روایت آشناتری

از این حکایت به هیدروکربنی به نام بنزن مربوط می‌شود، که مایکل فاراده آن را در سال ۱۸۱۳ کشف کرده بود و از قانون وی پیروی نمی‌کرد. تجزیه‌ی بنزن نشان داد که فرمول آن باید C_6H_6 باشد. در زنجیره‌های بلند هیچ پیوندی این‌طور نبود. به نظر می‌رسد که ککوله در حالی که در آن اتوبوس چُرت می‌زد، تصویری از مارها بر ذهنش آمد، که یکی از آن‌ها ناگهان دمش را در دهانش فرو می‌برد. چرتش پاره شد تا اعلام کند شش اتم کربن در بنزن به صورت حلقوی (دقیق‌تر، به صورت شش ضلعی) به هم پیوند خورده‌اند. هر یک از این حلقه‌ها یک اتم هیدروژن را به چنگ می‌گیرد و با یک یا دو شاخک با اتم‌های کربن در هر یک از دو طرف پیوند برقرار می‌کند. «حلقه‌ی بنزن» مهم‌ترین ساختار در گستره‌ی پهناور ترکیب‌هایی است که شیمی آلی را تشکیل می‌دهند.

در روایت دیگری از همین داستان، ککوله شش میمون را دور یک حلقه در خواب دید که هر کدام دم دیگری را گرفته بود. حیوانات مختلف، همین نتیجه را به بار می‌آورند. جزئیات موضوع واقعاً اهمیتی ندارد.

چارلز داروین: منشأ گونه‌ها

۱۸۵۹ کتاب *منشأ گونه‌ها* در سال ۱۸۵۹ منتشر شد. جار و جنجال و تبلیغات پیشاپیش دوستان داروین، که در علوم و جامعه صاحب نفوذ بود، همراه با پذیرفتاری کتاب از جانب مخاطبان غیرعلمی توجه همگانی پر دامنه‌ای را برای آن تضمین کرد. روزنامه‌های سرشناس همگی به مرور و بررسی آن پرداختند. نخستین چاپ آن در ۱۰۰۰ نسخه منتشر شد که در یک روز همه‌اش به فروش رفت. *منشأ گونه‌ها* کماکان بحث‌برانگیزترین کتاب علمی است که تا کنون منتشر شده است.

داروین به مدت بیست سال روی «کتاب عظیم گونه‌ها» خود، از هنگام برگشتن از سفر *بیگل* (**۱۸۳۶**) کار کرد. وی با پیش‌بینی مجادله و مباحثه‌ای که بر سر ایده‌ها و نظرهایش به راه خواهد افتاد، نسبت به چاپ آن اکراه داشت، مانند وضع و حال کوپرنیک (**۱۵۴۳**). اما همین‌که آلفرد والس زیست‌شناس انگلیسی و هم‌عِنانش نظرهای مشابهی را در سال **۱۸۵۸** عرضه کرد، برای وی امکان انتخاب پیش آمد.

عنوان کامل این کتاب دیدگاه داروین را جمع‌بندی می‌کرد: *درباره‌ی منشأ گونه‌ها از طریق انتخاب طبیعی یا بقای نژادهای ممتاز و برتر در تنازع برای ادامه‌ی حیات.* این که گونه‌ها یا انواع جدید گیاهان یا جانوران ظاهر می‌شدند، و این‌که الگوی حیات بر روی کره‌ی زمین دستخوش تغییرات، در آن هنگام محل مناقشه نبود. اکثر آدم‌ها

نشانه‌ها و شواهد تغییر، چه تدریجی چه یکباره و ناگهانی را می‌دیدند. داروین تغییر و تحول تدریجی را برگزید؛ وی در اردوگاه «یکنواخت‌گرایان»، مانند چارلز لایل (**۱۸۲۹**)، قرار داشت.

وی (به علت عدم انطباق شواهد) سبک و سیاق تکاملی را که ژان لامارک تشریح کرده بود (**۱۸۰۹**)، رد کرد. به نظر لامارک مشخصه‌ها و صفات اکتسابی جانوران و گیاهان طی حیاتشان از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شود. با همه‌ی این احوال وی، مانند لامارک، محیط را به عنوان نیروی تعیین کننده‌ی تغییر و تحول، بخصوص از طریق تنازع برای زیست، تلقی می‌کرد. «نژادهای برتر» با تغییرات کوچک در بدن یا رفتارشان بهتر سازگاری می‌یافتند تا خوراک، جفت و فضای زندگی برای خود تأمین کنند و به این ترتیب حیات نوع خود را تداوم بخشند. به مرور زمان، سازگاری‌های مساعد و مطلوب انباشته شدند تا جایی که گیاهان یا جانوران دیگر نمی‌توانستند با جمعیت‌های دیگر آمیزش کنند. آن‌ها به «گونه‌ی جدید» تبدیل شدند.

> *دلیل قانع‌کننده‌ای به نظرم نمی‌رسد که چرا دیدگاه‌های مطرح شده در این کتاب باید احساسات مذهبی کسی را جریحه‌دار کند.*
>
> چارلز داروین (منشأ گونه‌ها)

داروین این فرایند را در قیاس با کار پرورش‌دهندگان گیاه و جانور که همواره برای انتشار و پراکندن آتی آن انواعی که به بهترین وجهی نیازهای خود را برآورده می‌کنند و از این رو بهترین‌ها «برای بقا سازگار می شدند»، «انتخاب طبیعی» نامید. کتاب *منشأ گونه‌ها* با شرح و توضیح تخم‌کشی و زاد و ولد کبوتران آغاز می‌شود.

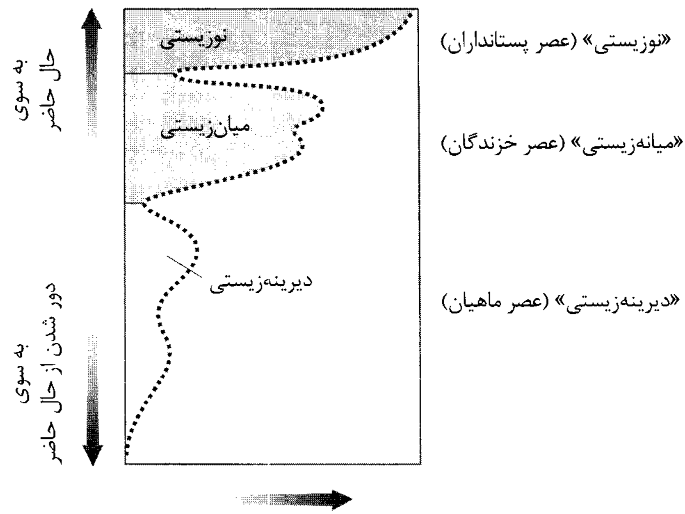
این دیدگاه نو معنای فراگیری داشت. اگر گونه‌های جدید همواره از گونه‌های موجود و از طریق انتخاب طبیعی تشکیل می‌شدند، پس تمامی حیات منشأ مشترکی می‌داشت. تکامل پیچیده‌ترین شکل‌های حیات را از ساده‌ترین شکل آن پدید آورده است. ◄◄ ۱۸۷۱

جان فیلیپس: سه لایه‌ی حیات

۱۸۶۰ ویلیام «استراتا» اسمیت (**۱۷۹۹**)، زمین‌شناس خودآموخته و سخت-نیازمندِ انگلیسی، میراث قدرتمندی از خود بر جای نهاد؛ نخستین کاربرد سنگواره‌ها

برای شناسایی، نقشه‌برداری و تنظیم بسیار لایه‌های شناخته شده‌ی سنگ، نخستین نقشه‌های زمین‌شناختی تفصیلی که تا آن زمان در جایی ترسیم و ساخته شده بود. این میراث شامل خواهرزاده‌اش جان فیلیپس هم می‌شد، که وقتی والدین او در نوجوانی درگذشتند، ویلیام سرپرستی‌اش را بر عهده گرفت. فیلیپس در بسیاری از سفرهای اسمیت در خاک انگلستان برای ترسیم‌نگاره‌های سنگ‌ها او را همراهی کرد، و بعدها نخستین زندگینامه‌ی اسمیت را هم نوشت.

فیلیپس، با الهام از اسمیت، حرفه‌ای را بنا نهاد و آوازه‌ای برای خود دست و پا کرد. وی در کالج سلطنتی لندن به مقام استادی رسید، و نشان ولاستون انجمن زمین‌شناسی را نیز کسب کرد، که دایی‌اش (اسمیت) اولین بار این نشان را دریافت کرده بود. مهم‌تر از همه، وی نام‌گذاری و رده‌بندی گروه‌های بزرگ‌مقیاس گوناگون چینه‌های سنگی را ادامه داد؛ این چینه‌ها به طور فزاینده‌ای در حکم محتوای پیشینه‌ی ماندگار رویدادهای باستان، از جمله تکامل حیات تلقی شده‌اند.



جان فیلیپس تنوع متغیر حیات را در سه دوران به کمک لایه‌های پی در پی سنگ‌ها، به صورت نمودار ترسیم کرد و به نمایش درآورد. به پایین رفتن یا افت چشمگیر در تنوع بین این سه دوره‌ی عمده توجه کنید. این نخستین شناخت واقعی از «رویدادهای انقراض» به‌شمار می‌آید.

در سال ۱۸٦۰، وی نظر به تصویر بزرگ، لایه‌های سنگ را که حاوی سنگواره‌ها بود به سه گروه بزرگ تقسیم کرد. قدیمی‌ترین گروه را به معنای «حیات قدیمی»، دیرینه‌زیستی (پالئوزوئیک) نامید؛ در آن سنگ‌ها بارزترین و فراوان‌ترین سنگواره‌ها، متعلق به ماهیان بودند. بعد از آن بر حسب زمان، سنگ‌های با عمر «میان‌زیستی» یا مزوزوئیک قرار می‌گرفتند. در این دوره، بازمانده‌های خزندگان، از جمله خزندگانی که در همان سال‌ها (۱۸۱۱) دایناسور لقب گرفته بودند، چهره‌های بارز به‌شمار می‌آیند. سرانجام (و مهم‌تر از همه) سنگ‌های نوزیستی (سنوزوئیک) هستند، که در این دوره‌ی زمانی برای نخستین بار فراوان شدند. بر حسب کارهای قبلی که جووانی آردوئینو انجام داده بود، سنگ‌های دیرینه‌زیستی و میان‌زیستی «ثانویه؛ دوران دوم» و سنگ‌های نوزیستی «دوران سوم» بودند.

این واقعیت تأمل‌انگیزتر بود که بین این دوران تنوع حیات کاهش یافت. بسیاری (یا حتی اکثریت) شکل‌های حیات کلاً از بین رفتند. به دلایلی که هنوز شناخته نشده، رودخانه حیات بر کره‌ی زمین طی زمان فراز و فرودهای زیادی را، گاه به آرامی و تدریجی، گاه شدید و فاجعه‌بار، از سر گذرانده است. ویلیام اسمیت قبلاً توجه کرده و پی برده بود که انقراض گسترده و پردامنه، آنچه که شناخته شده، بین دوره‌ی پرمین که به دوران دیرینه‌سنگی پایان داد، و دوره‌ی تریاس روی داد که آغاز دوره‌ی میان‌زیستی بود. تا این حد، فیلیپس آنچه را که دایی‌اش رها کرده بود، ادامه داد.

لرد کلوین و عمر زمین

۱۸۶۲

در سال ۱۸٦۲، لرد کلوین همیشه بی‌پروا و سرشار از اعتماد به نفس، با چارلز داروین، که از انتشار کتابش *منشأ گونه‌ها*، فقط سه سال می‌گذشت (۱۸۵۹)، چالشی را آغاز کرد. کلوین فیزیکدان اظهار نظر می‌کرد که داروینِ زیست‌شناس اشتباه می‌کند که بیان می‌دارد گیاهان و جانورانی که امروزه دور و بر ما هستند، حاصل فرایند بسیار کُند تکامل زیستی‌اند. بنا بر ادعای کلوین چیزی چون زمان کافی برای این اتفاق وجود نداشته است.

اساس این مدعا ساده بود: اگر کره‌ی زمین در آغاز به صورت کره‌ای از سنگ مذاب بوده است، فیزیکدانان می‌توانستند زمانی را محاسبه کنند که برای سرد شدن آن و رسیدن به دمای کنونی‌اش سپری شده است؛ این محاسبه اگر به دقت نتواند انجام شود، دست‌کم تا مقدار زیادی به مقدار واقعی نزدیک خواهد بود. ارقام به دست

آمده ۲۰ تا ۴۰۰۰ میلیون سال را نشان می‌داد. اگر این موضوع درست بود، نه‌تنها برای زیست‌شناسان، که زمان بس طولانی‌تری از این مدت زمان برای طی شدن بسیاری از مراحل تکامل زیستی نیاز داشتند، دردسر بزرگی درست می‌کرد، بلکه زمین‌شناسان هم گرفتار می‌شدند، زیرا آن‌ها شکل‌گیری زمین را حاصل فرایندهای فرسایش و کوه‌زایی می‌دانستند که هر دو فرایندی کند و آهسته بودند.

کلوین را ستاره‌شناسانی چون سیمون نیوکومب آمریکایی حمایت و پشتیبانی می‌کردند. اگر خورشید از یک سحابی عظیم گاز و غبار تشکیل شده بود (**۱۷۹۶**)، باید حداکثر ۱۰۰ میلیون سال نور می‌تابانیده و می‌درخشیده است. اگر این مدت زمان طولانی‌تر شده باشد، باید دیگر حالا سرد شده باشد. فرض می‌شد که تمامی گرمای خورشید از انقباض این سحابی تحت تأثیر نیروی گرانشی حاصل می‌شود؛ منبع واقعی انرژی خورشید، که می‌تواند آن را میلیاردها سال در حالت نوردهی و درخشش نگه دارد، تا **۱۹۳۸** ناشناخته بود (**بته و فون وایتس‌زِکر**).

اعتماد به نفس کلوین در پیش‌بینی‌اش را یک رویداد در طول زندگانی‌اش، کشف پرتوزایی به وسیله‌ی هانری بکرل در سال **۱۸۹۶**، باید سست و لرزان کرده باشد. عناصر پرتوزا (رادیواکتیو) مانند رادیم (**۱۸۹۸**) گرما از خود بیرون می‌دهند: پی‌یر کوری فیزیکدان فرانسوی در سال ۱۹۰۳ پی برد که رادیم می‌تواند یخ هم‌وزن خودش را در ظرف یک ساعت ذوب کند. پس از کوتاه زمانی آشکار شد که پرتوزایی در تمامی کره‌ی زمین گسترده و پراکنده است و بنابراین می‌تواند گرمای پیوسته‌ی کافی برای گرم نگه داشتن زمین به مدت میلیاردها سال، فراهم آورده باشد؛ این همان مدت زمانی بود که برای تکامل زیستی و تغییرات زمین شناختی آهسته کافی به نظر می‌رسید. یکی از نخستین کسانی که به این موضوع اذعان کرد جورج، پسر چارلز داروین، و ستاره‌شناس بعدی کمبریج بود.

برای کلوین، با همه‌ی ابهتش، پذیرفتن اشتباهش و اعتراف به آن در نزد همگان دشوار بود، و در سال ۱۹۰۷ در حالی درگذشت که کماکان از «زمینِ جوان» دفاع می‌کرد. اما آمادگی پذیرش این خطا و اذعان به آن را داشت و، ظاهراً در خلوت و محافل خصوصی گفته است که محاسباتش بر پایه‌ی «دانش ناقص» انجام شده است.

۱۹۰۰ ◄◄

لویی پاستور: «حیات از حیات برخیزد»

۱۸۶۲

طی قرن‌ها، مفهوم «زایش یا تولید مثل خودبه‌خود» ــ این‌که موجودات زنده از ماده‌ی غیر زنده به وجود می‌آیند ــ پر طرفدار و همگان‌پسند باقی مانده بود. موش‌ها در اطراف زباله‌های در حال تجزیه و فساد، مارماهی‌ها در آب‌های راکد، و کرم‌ها در گوشت گندیده ظاهر می‌شدند. حتی وقتی این بحث به میان آمد که جوجه‌ی پرندگان از تخمی سر بر می‌آورند که والدین‌شان گذاشته‌اند، هنوز هم مجادله‌ها و مناقشه‌ها جریان داشت. پوسته‌ی رویشی که رویه‌ی یک پرتقال در حال گندیدن را می‌پوشانید ظاهراً از هیچ جا ناشی نمی‌شد. و اکنون بحث موجوداتی به نام میکروب در میان آمده بود، موجودات ریزی که در آب و جای دیگر یافت می‌شدند. اما فقط زیر میکروسکوپ دیده می‌شدند. این‌ها از کجا می‌آمدند؟

تولید مثل خودبه‌خود غالباً به اندازه‌ی کافی چالش‌برانگیز بوده است. فرانسیسکو روی (**۱٦٧٠ اسوامردام**)، لادزارو اسپالانتسانی (**۱٧٦٨**) و دیگران پی برده بودند که گوشت پوشانده شده‌ای که از نشستن حشرات روی آن جلوگیری شود دستخوش فساد نمی‌شود، و آبگوشت جوشیده‌ی هوابندی شده هم نمی‌گندد. ضربه‌ی آخر را لویی پاستور نواخت، که از قبل به خاطر کارهایش در خصوص تخمیر شراب، آبجو و شیر مشهور بود. وی می‌دانست که میکروب‌ها باعث فسادند، و از این‌رو ممکن است فساد و تباهی آن‌ها هم به شکل‌های دیگری صورت گیرد.

> *علم هیچ کشوری نمی‌شناسد، زیرا معرفت به انسانیت متعلق است، و عبارت است از مشعلی که جهان را روشن می‌دارد. علم عالی‌ترین مظهر ملت و کشور است زیرا آن ملتی در ردیف نخست باقی خواهد ماند که پیشروترین فعالیت‌های عقل و خرد و هوشمندی را بر عهده دارد.*
>
> لویی پاستور

هیچکس نمی‌توانست به طور جدی درباره‌ی آزمایش ظرف دربسته با فلاسک «گردن قویی» او مجادله کند. آبگوشت را جوشاند و آن را در فلاسکی ریخت که قسمت بالایی آن را به صورت یک لوله‌ی دراز درآورده، آن را به پایین و سپس به

بالا خم کرده و پیچانده بود. شبیه گلوی قو، اگر انتهای این لوله در برابر هوای بیرون هوابندی می‌شد، آبگوشت خراب و فاسد نمی‌شد. اگر همین انتهای لوله شکسته می‌شد، و به هوا امکان وارد شدن داده می‌شد، آبگوشت باز هم سالم و تازه می‌ماند، زیرا (بنا بر استدلال پاستور) ذرات غبار حامل این میکروب‌های عامل تخمیر در لوله‌ی خمیده به دام می‌افتادند و نمی‌توانستند به آبگوشت برسند.

پاستور با تعدادی بازنمودها و نمایش‌های دیگر از این موضوع پشتیبانی کرد و بر دامنه‌ی آن افزود. وی با بحث در این خصوص که تخمیر شراب ناشی از وجود مخمرهای گردآمده بر پوست دانه‌های انگور است، نشان داد اگر خوشه‌های انگور در زیر یک پارچه‌ی توری ظریف (تنزیب) رشد کند که از ورود غبار به پوست دانه‌های انگور (و از تخمیر) جلوگیری کند، نمی‌تواند شراب بدهد. آب انگوری که از این انگورها به دست آید که به پوستشان غبار نشسته، تخمیر نخواهد شد.

بعد از این همه ماجرا، دیگر کسی نمی‌توانست واقعاً در گفته‌های پاستور در این خصوص که زاد و ولد همزمان افسانه بوده است، شبهه به خود راه دهد. میکروب‌ها از میکروب‌هایی شبیه به خودشان به وجود می‌آیند: «حیات از حیات برخیزد». این پرسش درباره‌ی منشأ حیات اولیه کماکان بر سر زبان‌ها باقی بود، اما هیچکس هنوز هم آماده نبود تا از پس آن برآید. ◄◄ ۱۸۸۶

ترتیب عناصر جزء دوم

۱۸۶۴ سی و پنج سال پس از آن‌که یوهان دوبراینر آلمانی در سال **۱۸۲۹** تلاش کرد در میان مرتبه‌های فزاینده‌ی عناصر شیمیایی نظمی برقرار کند (و در متقاعد کردن همکارانش ناکام ماند). جان نیولندز، شیمیدان انگلیسی، به میدان این چالش پای نهاد. در همین اوقات، این ایده که اتم‌های عناصر گوناگون «وزن اتمی» متمایز و مشخصی دارند کاملاً جا افتاده بود، و مقادیر این اوزان اتمی بیشتر دانسته و شناخته شده بود. در بالا سبک‌ترین اتم، هیدروژن، قرار داشت؛ در پایین‌ترین سطح سنگین‌ترین اتم شناخته شده، اورانیم، قرار داشت.

نیولندز با وارسی این فهرست، پی برد که ترتیب آن‌ها به صورت هفت ستون الگوی جالبی را پدید می‌آورد. هر ردیف حاوی عناصری با خواص مشابه است: پتاسیم بعد از سدیم، گوگرد بعد از سلنیم، کلسیم در امتداد منیزیم واقع می‌شد. و هر یک از سه‌گانه‌های دوبراینر مکانی خاص خود داشت. نیولندز از طریق مقایسه با هفت

نوای (نت) موسیقی، طرح خود را *قانون اکتاوها* نامید. اما در میان هارمونی‌ها تنافری (ناهمخوانی‌ای) برقرار بود. برخی ردیف‌ها حاوی عناصری با خواص بسیار متفاوت بودند. باز هم اکثریت با آن‌ها بود که متقاعد نشدند. اکتاوهای نیولندز، مثل سه‌گانه‌ی دوبراینر در حکم امری تصادفی و اتفاقی به فراموشی سپرده شد.

نفر بعدی که در این‌خصوص به تلاش برخاست یولیوس مِیر، شیمیدان آلمانی بود. وی فضای اتم‌های هر عنصر («حجم اتمی») را محاسبه، و ارقام به دست آمده را بر حسب عدد اتمی مرتب کرد. این اعداد مثل موج بالا و پایین می‌رفتند، با «فلزات قلیایی» مانند پتاسیم و سدیم، که نسبت به عناصر مجاورشان در فهرست تعداد اتم‌های بیشتری داشتند، به اوج خود می‌رسید. دور یا چرخه‌ی عناصر از یک قله به قله‌ی دیگر را یک «تناوب» تعریف کردند. در هر یک از دو تناوب نخست هفت عنصر جای داشت و با اکتاوهای نیولندز همخوان و متناظر بود. اما تناوب سوم و تناوب‌های بعدی بسیار بزرگ‌تر بودند (تعداد عناصر موجود در آن‌ها خیلی بیشتر بود). ترتیب و نظمی داشت ظاهر می‌شد و خود را نشان می‌داد اما رمز هنوز هم گشوده نشده بود. پیروزی در این نبرد در سال **۱۸۶۹** به چنگ آمد.

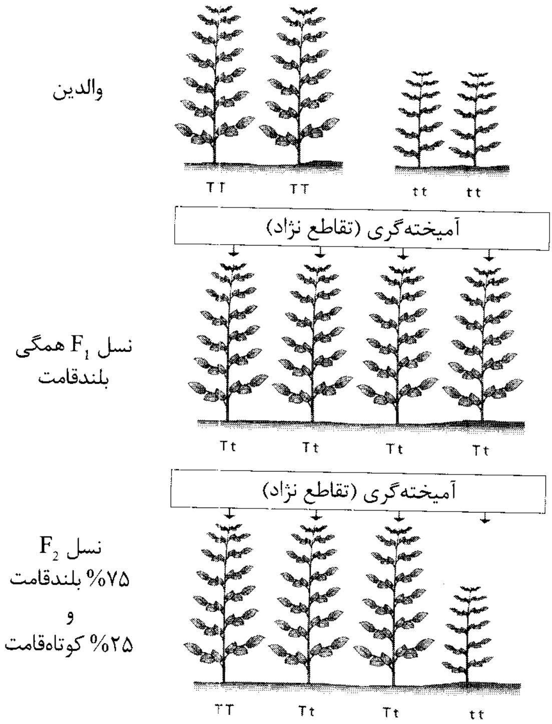
گرِگور مندل: قانون وراثت

۱۸۶۵

گرگور مندل، راهب اتریشی، می‌خواست زیست‌شناسی فرا گیرد، اما قسمت عمده‌ی وقتش را در باغش می‌گذرانید. وی در خصوص یک پرسش کلیدی و بنیادی به تعمق و تفکر می‌پرداخت. چه چیزی چگونگی گذر مشخصه‌های گوناگون یک گیاه از یک نسل به نسل دیگر را تعیین می‌کند؟ مندل یک رشته آزمایش را که اکنون مشهورند، در سال ۱۸۵۷ آغاز کرد، و گونه‌های لوبیا را پرورش داد، در حالی که توجه خود را بر چند مشخصه‌ی بارز معدود مانند ارتفاع گیاهان، این‌که پوست دانه‌ها صاف است یا چروک خورده، رنگ گل‌ها و مانند این‌ها متمرکز کرد.

وی کار خود را با دودمان‌های حاصلِ از «آمیزش حقیقی» آغاز کرد، که در آن همه‌ی گیاهان در هر نسل مشابه بودند. مثلاً، تمام گیاهان در دودمان‌ها یا بلند بودند یا کوتاه. وی سپس سویه‌های گوناگون را «پیوند زد یا آمیخت»، و گرده را از یک سویه به سویه‌ی دیگر انتقال داد تا زاده‌هایی را تولید کند که شبیه، مثلاً بلند، بودند. مندل به این بحث پرداخت که بلندی بر کوتاهی غالب و چیره است. دانه‌های با پوست صاف بر دانه‌های چروک خورده چیره بودند و الی آخر. اگر اخلاف و اولاد را برای

ایجاد نسل دوم «درمی‌آمیخت، یا پیوندمی‌زد»، نتیجه متفاوت می‌بود. سه‌چهارم گیاهان مشخصه‌ی چیره یا غالب را داشتند اما یک‌چهارم‌شان نژاد دیگری، مثلاً کوتاه قامت، را بروز می‌دادند که مندل آن را «مغلوب» خواند.



در این نمودار نتیجه‌ی یکی از تقریباً ۳۰,۰۰۰ آزمایش آمیزش گیاهان را مشاهده می‌کنید که گرگور مندل در مدتی متجاوز از ۱۰ سال در باغ صومعه‌اش انجام داد. گیاهان بلندقامت حاصل از آمیزش حقیقی با گیاهان کوتاه قامت ناشی از آمیزش حقیقی، دگرباروری (گردافشانی غیرمستقیم) می‌شوند. تمامی گیاهان نسل اول بلندقامت‌اند، اما یک‌چهارم نسل دوم کوتاه قامت‌اند.

زوج حرف‌ها که «عوامل» (ژن‌های) وارث را نشانه‌گذاری می‌کنند، علت را توضیح می‌دهند. «نمادهای ژنی نژادگان» (ژنوتیپ)[1] TT و Tt هر دو بلندقامت‌اند، زیرا T بر t چیره است. اما ۲۵ درصد نسل دوم دارای نژادگان tt است و از این رو «نژادگان» مغلوب کوتاه قامتی را بروز می‌دهد.

1. genotype

گوناگونی یافت شود. جیمز ژول انگلیسی (**۱۸٤۷**) نشان داده بود که انرژی انتقال یافته به وسیله‌ی جریان الکتریکی می‌تواند به شکلی قابل پیش‌بینی به گرما تبدیل شود و، خیلی بهتر، این‌که انرژی آزاد شده در هنگامی که چیزی تحت تأثیر نیروی گرانشی سقوط می‌کرد نیز می‌توانست به گرما تبدیل شود (از این‌رو، آب در کف آبشار از همان آب در بالای آبشار کمی گرم‌تر است).

در سال ۱۸٤۷، هرمان بولتسمان آلمانی احتمالاً نخستین کسی بود که «پایستگی یا بقای انرژی» را به عنوان یک اصل کلی مطرح کرد. انرژی در هر شکلی که باشد، از حرکت، گرما، نور، الکتریسیته، واکنش‌های شیمیایی می‌تواند به هر شکل دیگری با «آهنگ مبادله‌ی» ثابت، تبدیل شود، اما هیچکدام از آن‌ها نمی‌توانستند به وجود آیند و از بین بروند. این معنا را بعداً قانون نخست ترمودینامیک گفتند (این اصطلاح از کلماتی یونانی به معنای «گرما» و «حرکت» برگرفته شده است).

در عین حال، قانون دومی هم بنیاد نهاده شد. سادی کارنو می‌دانست که تمامی گرمای یک گاز به کار تبدیل نمی‌شود (**۱۸۲٤**). لرد کلوین، فیزیکدان انگلیسی، ادعا کرد که به گرایشی کلی در تبدیل انرژی مکانیکی مفید به گرمای تلف شده، مثلاً از طریق اصطکاک پی برده است. گاز داغ بر اثر انبساط سردتر می‌شود (**۱۸۵۲**)، که حاکی از اتلاف بیشتر گرماست. هلمهولتس به مطالب بیشتری در این خصوص پی برد و «مرگ جهان هستی» را در نتیجه‌ی آن پیش‌بینی کرد (**۱۸۵٤**). آلمانی دیگری، رودولف کلاوزیوس، اظهارنظر کرد که اشیای داغ به طور طبیعی سردتر می‌شوند و اگر لازم باشد گرم‌تر شوند باید انرژی آن تأمین شود ــ «گرما نمی‌تواند به خودی خود از یک جسم به جسم داغ‌تری انتقال یابد».

قوانین ترمودینامیک

قانون اول: انرژی نمی‌تواند به وجود آید یا از بین برود اما می‌تواند از یک شکل به شکل دیگر تبدیل یا ذخیره شود تا بعداً رها بشود.

قانون دوم: گرما به‌خودی‌خود نمی‌تواند از یک جسم به جسمی داغ‌تر انتقال یابد. این بیان معادل است با این گزاره که انرژی همواره دارد کم‌تر دسترس‌پذیر می‌شود، یعنی انتروپی (بی‌نظمی) رو به افزایش است.

مندل برای توضیح یافته‌های خود «قانون وراثت» را وضع کرد. هر گیاه جزئی یا تکه‌ای از اطلاعات، یا عامل، ژنتیکی را از هر یک از والدینش دریافت می‌کند. تکه‌های جداگانه‌ی اطلاعات هر مشخصه را کنترل می‌کند دودمان‌های حقیقی ناشی از آمیختگی گیاهان بلند و کوتاه قامت به هر یک از فرزندان و اخلاف عاملی برای بلندی و عاملی برای کوتاهی می‌دهد. از آنجا که بلند «غالب و چیره» بود، گیاهان نسل نخست باید بلند از کار درمی‌آمدند. اما در نسل دوم، ۲۵ درصد گیاهان (به طور میانگین) دو عامل بلندی، ۲۵ درصد دو عامل کوتاهی و ۵۰ درصد یکی از این عوامل را می‌داشتند. به این ترتیب ۷۵ درصد گیاهان باید بلند و ۲۵ درصد کوتاه می‌بودند.

مندل از زمانه‌ی خودش جلوتر بود، هرچند که یک قرن پیش‌تر یوزف کولرویتر (**۱۷۶۱**)، نگاهی اجمالی به برخی از الگوهای وراثت مشابه انداخته بود. اما یافته‌های مندل، که در سال ۱۸٦۵ منتشر شد، تا سال **۱۹۰۰** که دوباره کشف و یافته شدند، نادیده انگاشته شد. شک‌اندیشان هنوز هم در مورد دقت اعدادی که وی ذکر کرده، دستخوش تردیدند. آیا او «داده‌ها را پرداخت و اصلاح کرد» تا نتایجش را روشن‌تر جلوه دهد؟ این خوش اقبالی پدید آمد که وی مشخصه‌هایی را برگزید که به طور مستقل به ارث منتقل می‌شدند. اگر بین دو تا از آن‌ها ارتباط برقرار شده بود، به طوری که وارث بودن یکی از آن‌ها به این معنا بود که دیگری را نیز به ارث می‌برد، داده‌های او بسیار به هم ریخته و در هم بر هم می‌شد. با همه‌ی این احوال، وی آنچه را یافت درک کرد، و پژوهش‌های پیشگامانه‌اش علم ژنتیک را با همه‌ی استلزام‌ها و مفاهیمش عرضه کرد. ◀◀ ۱۹۰۰

قوانین دوگانه ترمودینامیک

۱۸۶۵

این ایده را نخستین بار آنتوان لاووازیه (۱۷۸۹) مطرح کرد که بر پایه‌ی آن گرما ماده‌ای بدون وزن به نام «کالریک» است، که احتمالاً سرانجام نامناسب از کار درآمد و نمی‌توانست با حقایق سازگار شود، اما به یک راه و شیوه‌ی پر اهمیت یاری رسانید. گرما، در حکم ماده، نمی‌تواند به وجود آید یا از بین برود. باید مانند ماده «حفظ شود و پایستار باقی بماند».

تا دهه‌ی ۱۸٤۰ نشانه‌ها و شواهد پشتیبانی و حمایت از این باور یافته شده بود، اما گرما خودش اکنون غالباً به عنوان یکی از شکل‌های حرکت تلقی می‌شد. ماده‌ای که پایسته می‌شد حالا «انرژی» نام داشت، که می‌توانست به شکل‌های جابه‌جاشدنی

کلاوزیوس بعداً با بیان مفهوم انتروپی، یعنی معیار بی‌نظمی در طبیعت، به این بحث‌های گوناگون فیصله بخشید (۱۸۵۰).

این کلاوزیوس بود که کوتاه‌ترین و موجزترین بیان را از این دو قانون مهم و حیاتی ترمودینامیک فراهم آورد. در سال ۱۸٦٥ وی اعلام کرد: (۱) انرژی جهان هستی ثابت است؛ (۲) انتروپی جهان هستی به حداکثر شدن گرایش دارد. به ندرت به مطلب مهمی برمی‌خوریم که با چنین کلمات اندک و بیانی کوتاه اعلام شده باشد.

نورمن لاک‌یِر و ژول ژانسن: عنصرِ ورودی از خورشید

۱۸۶۸

در سال ۱۸٦٩ چیز غیر منتظره‌ای درباره‌ی خورشید کشف شد. مقداری از ماده‌ی آن (ظاهراً) در زمین یافت نمی‌شد. البته در زمان‌های دور خورشید و زمین را متشکل از انواع بسیار گوناگون ماده می‌پنداشتند؛ اما این نظر ظاهراً از مدت‌ها پیش منسوخ شده بود. اکنون قوانین فیزیکی و شیمیایی مشابهی حاکم بر تمامی منظومه‌ی شمسی و احتمالاً جهان هستی پنداشته می‌شد.

برای این معما کمابیش یک زمینه وجود دارد. این مسئله از طیف‌نمایی ناشی شد، که عبارت است از مطالعه‌ی رنگ‌ها در نور گسیلی از اشیای گوناگون آسمانی مانند خورشید. این مطالعه راه درازی پیموده بود تا این‌که پژوهشگر نامدار آلمانی، یوزف فراونهوفر در سال ۱۸۱٤ توجه به آن را به طور جدی آغاز کرد. بنا بر آنچه پژوهشگران می‌دانستند، با عبور نور گسیلی اشیای مختلف از منشورها و توری‌های پراش به منظور جدا کردن رنگ‌ها، طیف‌های ناشی از جامدات تابنده تمام رنگ‌ها را دارد، اما طیف‌های ناشی از گازهای ملتهب فقط چند خط روشن در رنگ‌های بسیار خالص در برابر یک زمینه سیاه را داراست، به نظر می‌رسید خورشید حالت خاصی است: در گستره‌ی رنگ‌های آن خطوط باریک و سیاه (تاریک) زیادی به وجود می‌آید، گویی برخی از رنگ‌ها حذف می‌شوند.

در حدود سال ۱۸٦۰، روبرت بونزن و گوستاو کیرشهوف (هر دو آلمانی) همه‌ی این دانسته‌ها را روی هم ریختند. آنان به طیف یک شعله نگاه کردند که به داخل آن ذراتی از، مثلاً، سدیم پاشیده بودند. این «طیف گسیلی» دقیقاً دارای خطوط رنگی و روشن قابل انتظار بود. اما با عبور دادن این نور ناشی از یک لامپ بسیار داغ از داخل همان شعله نوار پیوسته‌ای از رنگ‌ها به دست آمد که خطوط تاریکی آن‌ها را قطع می‌کردند که این خطوط تاریک در جایی که بعضی رنگ‌ها جذب شده بودند بر هم نهاده می‌شدند.

ناگاه موضوع روشن شد. خطوط سیاه (تاریک) و خطوط روشن در مکان‌های مشابه طیف واقع بودند. رنگ‌های مشابه ــ مختص و وجه ممیز عناصر خاص ــ در این ماجرا دخالت داشتند. به این ترتیب خطوط تاریک در طیف خورشید عناصری را در رنگ اجزای خارجی رنگ خورشید تعیین هویت می‌کردند که قسمتی از نور گسیلی از سطح داغ آن را جذب می‌کردند.

این امر به آن معنی بود که از طریق تجزیه‌ی نور خورشید، می‌توان پی برد که اجزای سازنده‌ی خورشید کدامند. چندی نگذشت که خطوط تاریک با نام عناصری نشانه‌گذاری شدند که در زمین آن‌ها را می‌شناختند؛ همه‌ی آن‌ها جز یکی، که نخستین بار ستاره‌شناس انگلیسی، نورمن لاک‌یر، ستاره‌شناس فرانسوی، ژول ژانسن، در سال ۱۸٦۸، مشاهده کردند. برای این عنصر مثل و مانندی زمینی یافت نشد، و از این رو به آن «هلیم» نام دادند، که از واژه‌ای یونانی به معنای «خورشید» برگرفته شد.

سرانجام، هلیم بر کره‌ی زمین یافته شد. سی سال بعد، طیف آن همراه با یک کانی حاوی اورانیم شناخته شد. اما این حکایت دیگری است، حکایتی با فرجامی بس مهم (**۱۸۹۸**).

چرا رفتار گازها چنین است؟

۱۸٦۸ توضیح رفتار گازهایی مانند همین هوای معمولی مسئله‌ای ادامه‌دار و دیرپا برای علم بوده است، بخصوص همین‌که پی برده شد که گازها دسته‌ای جداگانه از موادند و حالت سوم ماده به‌شمار می‌آیند (**۱۷۲۷**). رابرت بویل ایرلندی و دانیل برنولی سویسی نخستین کسانی بودند که در این حوزه به فعالیت پرداختند. به نظر بویل ذرات گاز را فنرهایی کنار هم نگه می‌دارد که می‌توانند جمع یا باز شوند. این امر قانون بویل (**۱٦۵۹**) را توضیح می‌داد اما نه همه‌ی مسائل دیگر را.

برنولی (**۱۷۳۸**) نظر و ایده‌ی بهتری را مطرح کرد. بنا بر استدلال او، ذرات در هر گاز جملگی آزادی حرکت دارند و هر چه گاز داغ‌تر باشد سریع‌تر حرکت می‌کند. این ذرات پی در پی و به تکرار به دیواره‌های ظرفشان برخورد می‌کنند و وامی‌جهند و آن‌ها که به طور جمعی به حرکت درمی‌آیند فشار گاز را تشکیل می‌دهند. محاسبات ریاضی نه تنها قانون بویل، بلکه قانون شارل (**۱۷۸۳**) را هم به دست می‌دهد که بین حجم گاز با دمای آن رابطه برقرار می‌کند. از این رو، این بیان «مدل» بسیار موفقی بود، حتی اگر گازهای حقیقی دقیقاً به این نحوه رفتار نکنند (**۱۸۵۲**).

متفکران بزرگی با این موضوع به دست و پنجه نرم کردن پرداختند، و دائماً روابط

ریاضی دخیل در آن را پالودند. آنان رابطه‌ی مستقیمی بین فشار گاز و انرژی حرکت ذرات برقرار کردند. آنان به سراغ وزن ذرات رفتند و موفق شدند سرعت حرکت آن‌ها را برآورد کنند. این سرعت به نحو شگفتی زیاد، حدود ۵۰۰ متر بر ثانیه، و حدود سرعت گلوله‌ی تفنگ بود. اما ذرات در هوای معمولی فقط در یک جهت حرکت نمی‌کنند (خیلی کم‌تر از یک میلی‌متر در یک جهت می‌روند) و سپس به ذره‌ی دیگری برخورد می‌کنند (حدود شش میلیارد بار در هر ثانیه) و به جهت دیگری وامی‌جهند. به این ترتیب حرکت یک توده‌ی گاز، مثلاً وقتی باد می‌وزد، در مقایسه با سرعت تک ذرات، کم است.

ثابت بولتسمان/ بولتزمن (K)

این عدد بین انرژی حرکت یک اتم یا مولکول در یک جامد، مایع یا گاز با دمای ماده، بر حسب درجه‌ی مطلق یا کلوین رابطه برقرار می‌کند. این عدد فوق‌العاده کوچک است، و یکی از پیامدهای عدد آووگادرو (**۱۸۱۱**) به‌شمار می‌آید که عددی بس بزرگ است. بالا رفتن هر درجه‌ی دما انرژی ذره‌ای معمولی را به اندازه‌ی کم‌تر از یک میلیون میلیون میلیون میلیونیم یک ژول افزایش می‌دهد.

انرژی مولکول‌ها به اندازه‌ی یک عدد آووگادرو (به اندازه‌ای که در ۲ گرم هیدروژن یا ۱۲ گرم کربن، یا به بیان دیگر، در یک مول، وجود دارد) به اندازه‌ی ۸ ژول به ازای هر درجه افزایش دما، اضافه می‌شود.

لودویگ بولتزمن، فیزیکدان اتریشی، یک گام جلوتر رفت، و بین انرژی ذرات با دمای گاز (یعنی، مطابق تعریف لرد کلوین در ۱۸۴۸، دمای مطلق) رابطه برقرار کرد. و معادله‌ای به دست آمد:

$$\text{میانگین انرژی هر ذره} = \frac{۳}{۲} KT$$

که در آن T دما بر حسب درجه‌ی کلوین و K ثابت بولتسمان (مقدار انرژی بر حسب ژول به ازای هر درجه‌ی دما).

در حدود سال ۱۸۶۸ بولتزمن پی برد که هر ذره‌ی گاز می‌تواند در سه بعد حرکت

کند: بالا و پایین، جلو به عقب و پهلو به پهلو. وی این سه جهت حرکت را «درجه‌های آزادی» نامید و اظهار داشت که هر کدام سهمی مساوی از انرژی موجود دارند؛ یعنی $\frac{۱}{۲}$ KT. این قانون مشهور تعادل انرژی او بود؛ بار دیگر به آن باز خواهیم گشت، از جمله در صحنه‌ی «فاجعه‌ی فرابنفش» (**۱۹۰۰ پلانک**).

فرانسیس گالتون: پیمانه‌ی همه چیز

۱۸۶۹ شاید خویشاوند نزدیک چارلز داروین بودن برای شهرت و آوازه‌ی فرانسیس گالتون چندان خوب هم نبوده است. وی، علیرغم گستره‌ی فوق‌العاده متنوع دستاوردهایش، امروزه تقریباً به فراموشی سپرده شده، در حالی که همه کس خویشاوند (پسر دایی) او را می‌شناسند. آن‌ها که او را به یاد می‌آورند به احتمال بسیار زیاد می‌دانند که او در اوایل مرید «بهنژادگان» بوده؛ یعنی به‌نژادی گزینشی انسان‌ها برای «اصلاح کردن نسل و دودمان» او. این فلسفه طی سال‌ها نظرهای نامطلوبی را به خود جلب کرده است.

چارلز داروین و فرانسیس گالتون پسر دایی- پسر عمه بودند (اراسموس داروین پدربزرگ مشترکشان بود) و قسمت عمده‌ی عمرشان در طبقه‌ی متوسط به راحتی طی شد، که توانستند به علایق پژوهشی خود بپردازند و آن را بدون هرگونه نیازی به وام و قرض، پی گیرند. گالتون، بر خلاف داروین که توجه خود را بر زیست‌شناسی متمرکز کرد، دستی (و گاه بازویی و پایی) در بسیاری زمینه‌ها و حوزه‌ها داشت. می‌توان او را در شمار یکی از کاشفان آفریقای مدارگانی (استوایی)، انسان‌شناس، جغرافیادان، روانشناس و آماردان قرار داد. وی، اگر عملاً روش انگشت‌نگاری را برای اثبات حضور فردی در صحنه‌ی جنایت ابداع نکرد، اما آن را قویاً اعتلا بخشید و گسترش داد.

مثلاً، نخستین کسی بود که حدس زد ترسیم نقشه‌های توزیع فشار هوا می‌تواند در فهمیدن و حتی پیش‌بینی وضع هوا بسیار مفید باشد. وی نام «واچرخند» را به توده‌های بزرگ هوای پرفشاری داد که در هر یک از دو طرف استوا (مدارگان) واقع می‌شدند، نامی که متضاد اصطلاح «چرخند» بود که از قبل به مناطق کم‌فشار کوچک‌تر و شدیدتر اطلاق می‌شد. در ارتباطی بسیار جالب‌تر، نخستین نقشه‌هایی از این دست برای دسترسی عموم از سوی نیروی دریایی به دست رابرت فیتزروی، ناخدای کشتی عامل داروین به جزایر *بیگل* (**۱۸۳۶**)، ترسیم شد.

شاید بزرگ‌ترین سهم و اقدام گالتون در اندازه‌گیری اجزای بدن انسان بود. وی

هر چیزی ــ قد، وزن، دور سر و دست و پا ــ را در هزاران نفر اندازه گرفت و نتایج را به صورت نمودار ترسیم کرد تا پی ببرد که این عوامل چگونه توزیع می‌شوند.[۱] وی پی برد که این اندازه‌ها گرایش به پراکندگی در تمامی جمعیت به شیوه و الگویی قابل پیشی‌بینی دارند؛ هرچه اندازه‌گیری‌های او بیشتر می‌شد، پیش‌بینی‌پذیری هم افزایش می‌یافت. وی شیوه‌ی برگشت (رگرسیون) را ابداع کرد تا ملاحظه کند که چگونه احتمال دارد که شخصی با یک مشخصه، مشخصه‌ی دیگری هم داشته باشد. مثلاً، آیا طول ساعد را می‌توان برای پیش‌بینی قد یک شخص به کار گرفت؟

هر وقت بتوانید، بشمرید.

فرانسیس گالتون

اندیشه‌های او در خصوص برقراری رابطه بین خصوصیات ارثی (توارث) و محیط در تعیین چیزهایی چون هوش و هوشمندی بسیار مناقشه‌انگیز شد. بر خلاف جان لاک (**۱۶۸۹**)، که فکر می‌کرد هر چیزی در ذهن و فکر ما از تجربه ناشی می‌شود و ذهن کودک «صفحه‌ی کاغذ سفیدی است»، گالتون (بر پایه‌ی مطالعه و بررسی دوقلوهای همسان) متقاعد شد که بسیاری از توانایی‌ها (از جمله توانایی‌های ذهنی) ارثی‌اند. تبار و دودمان خود وی ظاهراً چنین چیزی را نشان می‌داد. وی یک «قانون وراثت» اعلام کرد: هر والدی یک‌چهارم توانایی‌های هر کودک، و پدر و مادربزرگ‌ها بقیه‌ی آن را تأمین می‌کنند.

بحث «طبیعت در برابر پرورش» تا امروز هم ادامه دارد. باور گالتون از این قرار که طبیعت از پرورش و تربیت بسی مهم‌تر است، در کتابش تحت عنوان *نبوغ موروثی* که در سال ۱۸۶۹ انتشار یافت و او را به سوی اندیشه‌ی به‌نژادسازی هدایت کرد تشریح شده، و آوازه‌ی او را در محاقی قرار داد که هرگز از آن خارج نشد.

دیمتری مندلیف: ترتیب عناصر ... فرجام کار

۱۸۶۹

تقریباً هر کسی که علوم را در حد دبیرستان خوانده و بلد باشد جدول تناوبی عناصر به گوشش خورده است. شاید شما هم به یاد آورید که مجبور بودید

۱. برای اطلاعات بیشتر در این زمینه کتاب *چرا اندازه مهم است؟* ترجمه‌ی دکتر محمدرضا توکلی از همین مجموعه را ببینید. ن

اجزای اولیه‌ی این جدول را حفظ کنید. احتمالاً نام ابداع‌کننده‌ی آن، دیمتری مندلیف را هم به یاد آورید؛ یکی از معدود روسیانی که تاکنون در داستان علم در صحنه ظاهر شده‌اند.

مندلیف، در زمان کشف بزرگش استاد دانشگاه سن پترزبورگ بود. وی که در سیبری به دنیا آمد و در کودکی یتیم شد، ظاهراً معلم و آموزگاری برجسته بود. کتاب درسی شیمی‌اش که در سال ۱۸۶۹ منتشر شد، و مقدمه‌ای بر جدول تناوبی وی به حساب می‌آید، چندین دهه از جمله کتاب‌های پر فروش بود. مندلیف علایق زیادی داشت: در اواخر عمرش سازمان اوزان و مقادیر ملی را در روسیه راه انداخت و در گشتن به دنبال نفت و گاز نقش مهمی ایفا کرد.

پیش از گام نهادن مندلیف به صحنه، چندین نفر تلاش کرده بودند عناصر شناخته شده را، که تعدادشان رو به افزایش بود، به صورت الگویی مفید آرایش دهند. در میان آن‌ها

می‌توان از یوهان دوبراینر آلمانی (**۱۸۲۹**)، جان نیولندز اهل انگلیسی و یولیوس میر آلمانی (**۱۸٦٤**) نام برد. این افراد عناصر را بنا بر وزن اتمی‌شان آراسته بودند و در پی یافتن الگویی منظم در خواص شیمیایی یا اندازه‌ی اتم‌ها می‌گشتند. مندلیف هم

فاصله‌ی سیارات از خورشید

شماره گروه	یک	دو	سه	چهار
	فلزات قلیایی	**فلزات قلیایی خاکی**		
ظرفیت مشترک	یک	دو	سه	چهار
تناوب ۱	هیدروژن، ۱			
تناوب ۲	لیتیم، ۳	بریلیم، ۴	بور، ۵	کربن، ۶
تناوب ۳	سدیم، ۱۱	منیزیم، ۱۲	آلومینیم، ۱۳	سیلیسیم، ۱۴
تناوب ۴	پتاسیم، ۱۹	کلسیم، ۲۰	گالیم، ۳۱	ژرمانیم، ۳۲
تناوب ۵	روبیدیم، ۳۷	استرانسیم، ۳۸	ایندیم، ۴۰	قلع، ۵۰
تناوب ۶	سزیم، ۵۵	باریم، ۵۶	تالیم، ۸۱	سرب، ۸۱
تناوب ۷	فرانسیم، ۸۷	رادیم، ۸۸		

در این طرح مختصر و تقلیل یافته‌ی جدول تناوبی، عناصر بر حسب عدد اتمی مرتب و فهرست‌بندی شده‌اند (عدد اتمی عبارت است از تعداد الکترون‌های هر عنصر). در جدولی کامل‌تر، عناصری که در اینجا درج نشده‌اند (مانند نقره، طلا، آهن، مس و اورانیم) بین گروه‌های دو و سه از تناوب چهارم به بعد قرار می‌گیرند. عناصر در هر گروه به طور کلی خواص مشابهی دارند؛ عناصر واقع در یک تناوب تغییر یکنواختی را در خواص از فلزات در

همین کار را انجام داد، اما از نظر وی خاصیت کلیدی «ظرفیت یا والانس»، یا قدرت ترکیبی شیمیایی بود (**۱۸۵۲**).

در مقیاس والانس (ظرفیت)، عناصر می‌توانستند از یک تا چهار رتبه‌بندی شوند. با ترسیم نمودار ظرفیت بر حسب وزن اتمی، مندلیف پی برد که منحنی به صورت امواجی بالا و پایین می‌رود، اندکی شبیه به «اکتاوهای» نیولندز یا «تناوب‌های» میر. هفت مرحله که بر حسب وزن اتمی طی می‌شد، عناصر را از لیتیم (ظرفیت ۱) تا کربن (ظرفیت ٤) و تا فلوئو (۱) در بر می‌گرفت. هفت مرحله‌ی بعدی از سدیم (۱) تا سیلیسیم (٤) و تا کلر (۱) را فرا می‌گرفت. تناوب بعدی، و تناوب بعد از آن، بسیار طولانی‌تر بودند، اما به همان ترتیب هر سر دو تناوب اول بالا و پایین می‌رفتند، با تعداد زیادی عنصر هم ظرفیت در وسط‌شان.

مندلیف جدول تناوبی عناصرش را در سال ۱۸٦۹ منتشر کرد. وی معتقد بود که برخی شکاف‌ها و جاهای خالی در جدول وی نمایانگر عناصری‌اند که هنوز یافته نشده‌اند و باید کشف شوند. وقتی این عناصر، اولین بار در سال **۱۸۷۵** یافت شدند، پیروزی مندلیف تکمیل شد.

فاصله‌ی سیارات از خورشید				
	پنج	**شش**	**هفت**	**هشت**
			هالوژن‌ها (نمک‌سازها)	**گازهای بی‌اثر، نادر یا کمیاب**
	سه یا پنج	دو	یک	صفر
				هلیم، ۲
	نیتروژن، ۷	اکسیژن، ۸	فلوئور، ۹	نئون، ۱۰
	فسفر، ۱۵	گوگرد، ۱۶	کلر، ۱۷	آرگون، ۱۸
	ارسنیک، ۳۳	سلنیم، ۳۴	برم، ۳۵	کریپتون، ۳۶
	انتیموان، ۵۱	تلور، ۵۲	ید، ۳۱	زنون، ۵۴
	بیسموت، ۸۳	پولونیم، ۸۴	استاتین، ۸۵	رادون، ۸۶

سمت چپ تا نافلزات در سمت راست را نشان می‌دهند. این جدول حاوی عناصر بسیاری است که مندلیف آن‌ها را نمی‌شناخت اما آنها را دقیقاً در طرح خود گنجانید تا زمانی کشف و یافته شوند. این عناصر شامل گالیم ۳۱ و ژرمانیم ۳۲ بود، که وی هر دو را پیشبینی کرد، و گازهای نادر را نیز در بر می‌گیرد که وی وجود آن‌ها را پیش‌بینی نکرد.

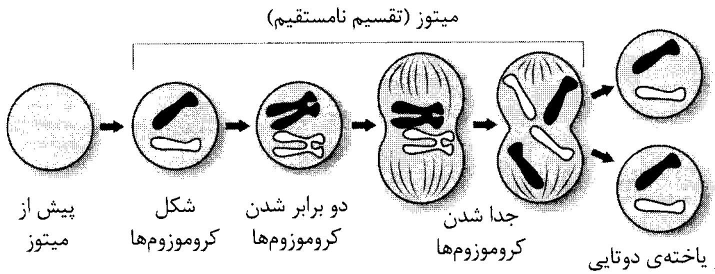
یوهان میشر و والتر فلمینگ: در درون هسته‌ی یاخته چه خبر است؟

۱۸۶۹ این رابرت براون (۱۸۲۷)، گیاه‌شناس اسکاتلندی بود که برای نخستین بار لکه‌ی تیره‌ی ریز را در داخل هر یاخته‌ی گیاهی (ابتدا، متعلق به گل‌های ثعلب) دیده بود که آن‌ها را هسته، به معنای «دانه‌ی کوچک»، نام نهاد. یک دهه یا بیشتر بعد از آن، «نظریه‌ی یاخته» به خوبی جا افتاد (۱۸۳۸). تمام گیاهان و جانوران از یاخته‌ها ترکیب می‌شوند، و تمام یاخته‌ها هسته‌ای دارند، که حدس زده می‌شد نقش مهمی در انجام فعالیت یاخته بازی می‌کند.

اما درون هسته چه بود؟ از چه ساخته شده بود؟ در مرحله‌ی اولیه، یاخته‌ها را در ماده‌ی شیمیایی نویافته‌ی پپسین خیساندند، که از جداره‌ی معده‌ی جانوران ترشح می‌شود و گوارش پروتئین‌های موجود در غذا را شتاب می‌بخشد. پپسین جداره‌ی اطراف یاخته، قسمت اعظم محتویات (پروتوپلاسم) و حتی غشای پیرامون هسته را می‌خورد، اما محتوایش را دست‌نخوره می‌گذاشت. از این رو هرچه که هسته را انباشته می‌کرد، پروتئین نبود.

یوهان میشر در این موقع به این داستان پای نهاد. او می‌بایست سنت خانواده‌اش را پی می‌گرفت و طبیب می‌شد، اما ابتلا به تیفوس او را نسبتاً ناشنوا کرد. به نظرش رسید که این نقص برای پزشک یک نقطه ضعف به شمار می‌آید، به این علت به شیمی روی آورد. وی بر آن شد که در راه دیگری آوازه کسب کند. در سال ۱۸۶۹، در حالی که میشر هنوز هم دانشجوی دوره‌ی دکتری بود، هسته‌ی برخی یاخته‌های سفید خون را شکافت (این یاخته‌ها از نوارهای زخم‌بندی بیماران بستری در بیمارستان برگرفته شد، که در آنجا عفونت حاوی یاخته‌ها یا گلبول‌های سفید فراوان بود). وی با یافتن این‌که ماده‌ی درون هسته در یک محلول قلیایی حل می‌شود اما نه در محلولی اسیدی، آن را «اسید هسته‌ای» نامید.

باید فوراً به سال ۱۸۸۲، و به سروقت والتر فلمینگ، هم‌وطن میشر، برویم. وی نیز مشتاق بود آنچه را که رابرت براون یافته بود پی‌گیری کند، اما دیدن قسمت عمده‌ی داخل هسته بسی دشوار بود. وی درصدد برآمد نظر دقیق‌تری بیندازد، و چند یاخته‌ی گیاهی را در رنگدانه‌ای بنفش خیسانید که ویلیام پرکین، شیمیدان انگلیسی از قطران ذغال سنگ استخراج کرده بود (۱۸۵۶). تأثیر این کار فوق‌العاده بود. هسته آن رنگ را به خود گرفت؛ اما بقیه‌ی یاخته چنین نشد. از این رو هسته به روشنی قابل رؤیت، و پر رنگ شد که فلمینگ ماده‌ی شیمیایی درون آن را «کروماتین» (یا رنگینه)، برگرفته از واژه‌ای یونانی به معنای «رنگ»، نام نهاد.



پیش از این‌که میتوز (تقسیم یاخته) آغاز شود، کروموزوم‌ها مرئی نیستند. در این نمودار (که فقط هسته‌ی یاخته را نشان می‌دهد) یک جفت کروموزوم از کروماتین غلیظ و نسخه‌برداری می‌شود. یک نسخه از هر کروموزوم به هر سر هسته رانده می‌شود، که سپس تقسیم و دو هسته‌ی (دوتایی) همسان را تشکیل می‌دهند. بقیه‌ی یاخته در همان زمان تقسیم می‌شود. در میوز (تقسیم کاهشی)، کروموزوم‌ها در ابتدا نسخه‌برداری نمی‌شوند، از این رو یاخته‌های حاصل (نیم‌دانه) از هر زوج فقط یک کروموزوم دارند.

فلمینگ، از طریق میکروسکوپش یاخته‌های بسیاری را در فرایند تقسیم به دو یاخته برای ساختن یاخته‌ی جدید مشاهده کرد. اکنون به خوبی اثبات شده بود که «تمام یاخته‌ها از یاخته به وجود می‌آیند» (**۱۸۳۸**). ماجرای خارق‌العاده‌ای در خلال این تقسیم اتفاق افتاد. کروماتین بدون ویژگی بارز از نو زنده شد، به صورت دسته‌های ریسمان‌مانند کوتاهی تشکیل شد که وی آن را کروموزوم (به معنای «اجسام رنگی») نامید. درست پیش از تقسیم یاخته، دسته‌های کروموزوم نیز شکافته می‌شوند، که یک نیمه از این مجموعه به یاخته‌ی جدیدی تبدیل می‌شود. سپس کروموزوم‌ها از بین می‌روند، و ظاهراً حل می‌شوند و به داخل کروماتین برمی‌گردند.

فلمینگ کل این فرایند را «میتوز» (تقسیم نامستقیم یا رشتگان)، برگرفته از واژه‌ای یونانی به معنای «ریسمان»، نامید که به ظهور کروموزوم‌ها اشاره داشت. این ماجرا هر زمانی که یاخته‌ها تقسیم می‌شدند، اتفاق می‌افتاد، که دو یاخته‌ی ظاهراً یکسان با همان مجموعه‌ی کروموزوم‌ها تولید می‌شد.

به این ترتیب در مدت کمی بیش از یک دهه، فهم و درک جهشی به پیش برداشت. هسته‌ی هر یاخته حاوی نوکلئیک اسید، و ماده‌ی (کروماتین) داخل هسته می‌تواند کروموزوم‌ها را تشکیل دهد. معقول و منطقی بود که در این مورد بحث کنیم که نوکلئیک اسید در کروموزوم‌ها وجود داشت، و مقدار زیادی نوکلئیک اسید فوراً در هنگامی ساخته می‌شد که یک یاخته تقسیم می‌شد.

اما همه‌ی این‌ها به چه منظوری انجام می‌شد؟ (**۱۸۸٤ هدویگ و وایزمن**)

چارلز داروین: *نیای آدمی*

۱۸۷۱ انتشار کتاب *منشأ گونه‌ها* در سال **۱۸۵۹**، با شواهد ناگزیر و بازنمود پر صلابتش، کافی بود تا اکثر زیست‌شناسانی را متقاعد کند که چارلز داروین و همسفرانش در راه درستی گام برمی‌دارند. تکامل زیستی رخ داده بود، آهسته، تدریجی و در دوره‌های زمانی بس طولانی. گونه‌های جدید به واسطه‌ی تنازع بقا پای بر عرصه‌ی حیات نهاده بودند. توافق بر سر این موضوع عمومی نبود. لویی آگاسی (**۱۸۵۱**) با نقدی صریح و آتشین، و کسانی دیگر، در برابر آن صف آراسته بودند. بحث و مجادله بر سر این‌که انتخاب طبیعی چگونه عمل می‌کند ادامه داشت و تا کشف جهش‌ها[1] و تغییرات ناگهانی (موتاسیون) فرو ننشست (**۱۹۰۱**). در عین حال گروه و دسته‌ی قوی و رو به رشد دوستان و مریدان داروین، مانند چارلز لایل و توماس هاکسلی (مشهور به «سگ نگهبان داروین») در انظار عام از وی دفاع می‌کردند، چرا که بیماری و کم‌حرفی و توداری خاصی خود او را از این کار باز می‌داشت.

برخی از مردم بر زمینه‌های مذهبی صدای اعتراض خود را بلند کردند. جهان زیست‌شناختی داروین به نظر آنان صرفاً بر پایه‌ی تصادف و اتفاق استوار بود، و برای خالقی با برنامه‌ی روحانی و آسمانی جایی قرار نمی‌داد. بسیاری از دانشمندان تلاش می‌کردند بین شواهد غالباً متعارض از «کتاب طبیعت» و «کتاب مکاشفه» ــ یعنی کتاب مقدس ــ بر سر چیزهایی چون عمر کره‌ی زمین و واقعیت توفان نوح، پیش از این نتیجه‌گیری، آن‌طور که داروین به آن رسید، که بهترین توضیح درباره‌ی چگونگی کارکرد طبیعت این است که آن را در خود طبیعت بیابند، آشتی و سازش برقرار کنند. داروین، که در جوانی مؤمنی راست‌آیین بود و در دوره‌ای از عمرش خود را وقف کلیسا کرده بود، عمرش در حالی به پایان رسید که به فردی لاادری تبدیل شد.

> *اما، آن‌طور که به نظرم می‌رسد، باید اذعان کنم که آدمی با همه‌ی کیفیت‌های باشکوهش... هنوز هم در قالب جسمانی خود نقش و اثر زایل‌نشدنی و نازدودنی منشأ ابتدایی‌اش را حمل می‌کند.*
>
> چارلز داروین

---

1. mutations

تعارض با کلیسای تثبیت شده گاهی هیجان‌انگیز بود، بخصوص وقتی داروین به وضوح و با صراحت نژاد انسان را در کتاب *نیای آدمی* که در سال ۱۸۷۱ انتشار یافت، نتیجه‌گیری کرد. در این تصویر هیچ مرز روشنی بین انسان‌ها و مابقی طبیعت وجود نداشت؛ بین آدمی هم در جنبه‌ی اندام و بدن و هم در رفتار با سایر «نخستینیان»، بخصوص میمون‌های بزرگی چون شمپانزه و گوریل، ارتباط تنگاتنگی برقرار بود. در خلال یکی از مباحثه‌ها، اسقف ویلبرفورس، هاکسلی را سوآل‌پیچ کرد که آن‌طور که داروین ادعا کرده که نژاد انسان به میمون می‌رسد، آیا نژاد او از سوی پدربزرگش به میمون می‌رسد یا از جانب مادربزرگش؟ «سگ داروین» پاسخ نغز و بسیار دندان‌شکنی داد مبنی بر این‌که او بهتر است میمون باشد تا اسقفی که «از مواهب بلاهت و فرهنگ حقیر خود در خدمت تعصب، دروغ و باور غلط بهره می‌گیرد».

اما کلیسا هرگونه توان واقعی را در راه نفوذ بر رشد و گسترش علم از دست داده بود. جوردانو برونو و مایکل سروتوس زنده زنده در آتش سوزانده شدند، کوپرنیک تحت ممیزی و سانسور قرار گرفت، گالیله به حبس خانگی دچار شد، و کتاب‌های بوفون را در آتش افکندند و سوزانیدند. حالا دیگر نقش‌های مجزای علم و دین با روشنی بیشتری تعریف شد. تعارض احتمالاً فقط وقتی پیش آمد که یکی از این دو جناح ادعای خیلی بیشتر از آن‌که باید را مطرح کرد.

جیمز کلرک مکسول: فهم ماهیت نور، پیش‌بینی رادیو

۱۸۷۱

نخستین روزی که جیمز کلرک مکسول در ادینبرو به مدرسه پای نهاد، کفش‌هایی به پا داشت که در خانه دوخته شده بودند. همین امر به سرعت برایش لقب «کودن» را به بار آورد، که رفتار خجالتی، و حاکی از کودنی‌اش، این لقب را تأیید می‌کرد. با همه‌ی این احوال، مکسول به یکی از بزرگ‌ترین اندیشمندان زمانه‌ی خودش بدل شد، که بینش وی در ماهیت حقیقی نور شاید برجسته‌ترین دستاورد علمی آن قرن به‌شمار آید.

در سال ۱۸۷۱ دانشگاه کمبریج آزمایشگاه کاوندیش را بنا نهاد، که قرار بود تحت هدایت لرد ریلی، جی جی تامسون، و ارنست رادرفورد مشهورترین آزمایشگاه جهان شود. مکسول، در جهت تأیید مقام والای این آزمایشگاه، به عنوان نخستین استاد و مدیر آنجا گمارده شد. خانواده‌ی کاوندیش (دوک‌های دوون شایر)، که متولی این آزمایشگاه بودند، قبلاً هنری کاوندیش (**۱۷۶۶**)، نابغه‌ی غیرعادی قرن هجدهمی را هم در این

آزمایشگاه به کار گمارده بودند. مکسول، از طریق ویرایش و حاشیه‌نویسی مقاله‌ها و رساله‌هایی که به مدتی قریب ۲۰۰ سال قدرنشناخته مانده و خاک خورده بودند، توانست برای نخستین بار نشان دهد که کاوندیش چه کارهایی و چقدر کار کرده است.

مایکل فاراده، در مؤسسه‌ی سلطنتی لندن و ژوزف هنری در ایالات متحده‌ی آمریکا (**۱۸۳۱**) بر مبنای کار دیگران، نشان داده بودند که بین الکتریسیته و مغناطیس رابطه‌ی تنگاتنگی برقرار است. یک جریان الکتریکی نه تنها می‌تواند شبیه به یک آهنربا (مغناطیس) رفتار کند (**۱۸۲۰**)، بلکه آهنربا یا مغناطیسی متحرک نیز می‌تواند جریانی الکتریکی را راه اندازد. فاراده، برای توضیح این موضوع به ایده‌ی «میدان» برگشت، منطقه‌ی اثر پیرامون یک آهنربا یا بار الکتریکی که در آن آهنربا یا بار دیگری

طیف الکترومغناطیسی

	۱ کیلومتر				۱ متر			۱ میلی‌متر		
طول موج	$۱۰^{۴}$	$۱۰^{۳}$	$۱۰^{۲}$	۱۰	۱	$۱۰^{-۱}$	$۱۰^{-۲}$	$۱۰^{-۳}$	$۱۰^{-۴}$	$۱۰^{-۵}$
نوع تابش	امواج رادیویی				میکروموج‌ها			فروسرخ		
چگونگی تولید	جریان‌های الکتریکی متناوب				بارهای الکتریکی شتاب‌یافته			از طریق ارتعاش اتم‌ها یا گذار الکترون در درون اتم‌ها		
تأثیرات بر ماده	القای جریان‌های الکتریکی							ایجاد گرما		
تأثیر بر جان آدمی	اثبات نشده							طول موج‌های کوتاه‌تر به صورت گرما روی پوست آشکارسازی می‌شوند		
کشف	هاینریش هرتز							ویلیام هرشل (۱۸۰۰)		

بسیاری انواع تابش الکترومغناطیسی (از میکروموج‌ها تا پرتوهای ایکس) را می‌توان هنگامی ایجاد کرد که الکترون‌های پر انرژی با میدان‌های مغناطیسی درگیر شوند («تابش سنکروترون»).

تحت تأثیر یک نیرو قرار می‌گرفت. میدان مغناطیسی متغیر میدانی الکتریکی ایجاد می‌کرد (و از این رو جریانی الکتریکی را در یک سیم جاری می‌کرد)؛ میدان الکتریکی متغیر یک میدان مغناطیسی برقرار می‌کرد.

مکسول ریاضیدانی برجسته و تابناک بود. هنگام نوشتن روابط حاکم بین میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در قالب معادلات، به پیامد چشمگیر و درخور توجهی پی برد. تحت شرایطی، این تأثیر متقابل میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی جابه‌جاشونده می‌تواند نوعی موج ایجاد کند، که قادر است انرژی را در فضای خالی (خلأ) حمل کند. مکسول نشان داد که سرعت موج پیش‌بینی شده‌ی او به برخی اعداد بستگی دارد که فیزیکدانان آن‌ها را به خوبی می‌شناسند، اعدادی که نمایانگر

<table dir="rtl">
<tr><th colspan="9">طیف الکترومغناطیسی</th></tr>
<tr><td colspan="3">۱ µm</td><td colspan="2">۱ nm</td><td colspan="4">۱ pm</td></tr>
<tr><td>$۱۰^{-۶}$</td><td>$۱۰^{-۷}$</td><td>$۱۰^{-۸}$</td><td>$۱۰^{-۹}$</td><td>$۱۰^{-۱۰}$</td><td>$۱۰^{-۱۱}$</td><td>$۱۰^{-۱۲}$</td><td>$۱۰^{-۱۳}$</td><td>$۱۰^{-۱۴}$</td></tr>
<tr><td>نور مرئی</td><td colspan="2">فرابنفش</td><td colspan="2">پرتوهای ایکس</td><td colspan="4">پرتوهای گاما</td></tr>
<tr><td>تراگسیل الکترون در درون اتم‌ها</td><td colspan="2">گذار الکترون در اتم‌ها</td><td colspan="2">الکترون‌های پرسرعت به هدف جامد برخورد می‌کنند
گازهای بسیار داغ</td><td colspan="4">تغییرات انرژی در داخل هسته‌های اتمی (اتم‌های پرتوزا)
رویدادهای اخترفیزیکی</td></tr>
<tr><td>راه‌اندازی فوتوسنتز</td><td colspan="2">یونش سبب برخی واکنش‌های شیمیایی می‌شود و ترکیب‌های شیمیایی را تجزیه می‌کند</td><td colspan="2">یونش
تأثیر بر صفحات عکاسی</td><td colspan="4">راه انداختن پرتوزایی</td></tr>
<tr><td>با چشم آشکارسازی می‌شود</td><td colspan="2">آفتاب‌سوختگی
سرطان پوست
تولید ویتامین D
ابتلا به آب مروارید</td><td colspan="2">آسیب رسیدن به بافت‌ها
سرطان ناشی از جهش‌های ژنتیکی
سرطان</td><td colspan="4">جهش‌های ژنتیکی</td></tr>
<tr><td>دوران باستان</td><td colspan="2">یوهان ریتر (۱۸۰۲)</td><td colspan="2">ویلهلم رونتگن (۱۸۹۵)</td><td colspan="4">پل ویلارد (۱۹۰۰)</td></tr>
</table>

راهنما:

µm = میکرومتر؛
nm = نانومتر؛
pm = پیکومتر

سهولت پراکندگی میدان‌های الکتریکی و در فضا هستند. وی با قرار دادن این اعداد در محاسباتش، به سرعت ۳۰۰,۰۰۰ کیلومتر بر ثانیه رسید، که در حکم سرعت کاملاً جا افتاده‌ی نور، عددی آشنا بود (**۱٦٧٦، ۱۷۲۹، ۱۸٤۹**). این معنی و مفهوم بسی وسوسه‌انگیز بود. نور (فروسرخ، فرابنفش و نیز مرئی) یک «موج الکترومغناطیسی» بود، که اثرش در میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در هم گره خورده، با نوسانی همزمان پراکنده می‌شد.

> *تنها قوانین ماده آن‌هایند که اذهان ما باید آن‌ها را وضع کند، و تنها قوانین ذهن به وسیله‌ی ماده برای آن وضع و ساخته می‌شوند.*
>
> جیمز کلرک مکسول

به این ترتیب دست‌کم می‌توانستیم از چگونگی کارکرد نور مطمئن شویم. و باز هم چیزهای بیشتری یافت شد. مکسول با انتشار نظریه‌اش در سال ۱۸۷۱، پیش‌بینی کرد که باید انواع دیگری از چنین «تابش الکترومغناطیسی» وجود داشته باشد که احتمالاً بارهای الکتریکی بسیار پر سرعت، مانند جرقه‌هایی، آن‌ها را تولید می‌کنند. کشف آن امواج در کم‌تر از بیست سال بعد (**۱۸۸۸**) نشان داد که بینش مکسول تا چه حد شگفت و عظیم بوده است.

پر کردن جاهای خالی در جدول تناوبی

۱۸۷۵ جدول تناوبی عناصر دیمیتری مندلیف که نخستین‌بار در سال **۱۸٦۹** انتشار یافت، سندی وسوسه‌انگیز بود. نه تنها عناصر شیمیایی شناخته‌شده را فهرست‌بندی کرد، که آن موقع تعدادشان به ٦۰ می‌رسید، به نحو موفق‌تری نسبت به کسان دیگری که تا آن زمان به این کار پرداخته بودند، وجود برخی عناصر دیگری را که هنوز ناشناخته بودند نیز پیش‌بینی کرد. شواهد از شکاف‌ها و جاهای خالی جدول فراهم می‌آمد که در آنجا یک عنصر باید بنشیند اما آن عنصری که با آن مکان انطباق یابد، ظاهراً وجود نداشت. از خواص عناصر در تمامی پیرامون آن جای خالی مندلیف حتی پیش‌بینی کرد که رفتار این عناصر نایافته چگونه باید باشد.

هیچکس بلافاصله به جستجوی این عناصر اقدام نکرد؛ آن‌ها عمدتاً تصادفی یافته شدند. در سال ۱۸۷۵ یک شیمیدان فرانسوی پی برد که چه چیزی باید در بعضی

کانه‌های روی به عنوان عنصر جدید ظاهر شود. وی گمان برد که این عنصر باید جدید باشد زیرا طیف آن، که در طیف‌نما (**۱۸۱٤ فراونهوفر**) بررسی شد، به طیف هیچکدام از عناصر شناخته شده شبیه نبود. کاشف، این عنصر را گالیم، به نام سرزمین مادریش گُل که نام باستانی فرانسه است، نام نهاد. مندلیف بلافاصله خاطرنشان کرد که گالیم درست مانند همان عنصری رفتار می‌کند که می‌گفتند باید در جدول زیر آلومینیم قرار گیرد، و وی آن را اِکاآلومینیم نامیده بود.

طی چند سال بعد دو جای خالی دیگر جدول پر شد، یکی با اسکاندیم (یک شیمیدان سوئدی آن را کشف کرد)، دیگری با ژرمانیم (که کاشف آن فردی آلمانی بود). این عناصر دارای خواصی بودند که مندلیف برای اِکاـ بور و اِکاـ سیلیسیم خود پیش‌بینی کرده بود. نکته‌ی جالب این‌که، هر سه عنصر نویافته نام‌های جغرافیایی به خود گرفتند. این‌ها، در حکم عنصر، بیشتر از چیزهای عجیب و تحفه و محصول کنجکاوی بودند. مثلاً، ژرمانیم و گالیم امروزه برای ساخت تراشه‌های کامپیوترهای پیشرفته بسیار پر ارزش‌اند.

با چنین انطباق دقیق و تنگاتنگی بین پیش‌بینی و واقعیت، اکنون دیگر کم‌تر کسی نسبت به حقایق یافته‌های مندلیف تردیدی به خود راه می‌داد. جدول وی توانایی یافت که گازهای نادر (یا گازهای بی‌اثر یا گازهای نجیب) را وقتی که به وسیله دو انگلیسی به نام لرد ریلی و ویلیام رمزی (**۱۸۹۸**) کشف شدند، در خود جای دهد. این خانواده‌ی نویافته‌ی عناصر جدول تناوبی را صاحب هشت ستون (یا «گروه»)، به جای هفت‌تا، کرد.

رابرت کُخ: شکارگر میکروب

۱۸۷۶ در هنگامی که رابرت کخ، طبیب آلمانی، در حدود ۱۸۷۰ پای بر عرصه نهاد، لویی پاستور (**۱۸٦۲**)، معاصر سرشناس و پر آوازه‌ی فرانسوی‌اش، در نبردهای اولیه در راه «نظریه‌ی جرم یا میکروب» بیماری‌ها به پیروزی رسیده بود. شواهد رو به گسترش حاکی از آن بود که بسیاری، اگر نه اکثریت، بیماری‌ها ناشی از موجودات زنده‌ی ریزی‌اند، که امروزه آن‌ها را میکروب یا باکتری می‌نامیم. این امر آن چیزی را تأیید می‌کرد که مارکوس پلنزیش اتریشی در **۱۷٦۲** آن را نشان داده و جیرولامو فراکاستوروی ایتالیایی باز هم ۲۰۰ سال پیش (**۱۵٤٦**) درباره‌ی آن حدس‌هایی زده بود.

کخ که در آن زمان در یک ناحیه‌ی روستایی مطب شلوغش را اداره می‌کرد، هنوز هم وقتی پیدا می‌کرد تا درباره‌ی بیماری دردناک و فاجعه‌بار سیاه زخم تحقیق کند، که حیوانات را گرفتار می‌کرد و می‌توانست به انسان‌ها نیز تسری یابد. کسانی دیگر، به الهام از پاستور، موجود ریز میله‌ای‌شکل («باسیل») را یافته بودند که در خون حیوانات مبتلا زندگی می‌کرد. کخ، با استفاده از میکروسکوپی که همسرش به او داده بود، دست به اقدام زد تا وجود این مقصر را اثبات کند. نمونه‌های خون حیواناتی را که بر اثر ابتلا به سیاه زخم تلف شده بودند در بریدگی‌هایی بر پوست موش قرار دادند. موش یاد شده بر اثر ابتلا به سیاه زخم به سرعت تلف شد. موشی که خون حیوانات سالم (خون بدون باسیل سیاه زخم) به وی تلقیح شده بود، زنده ماند.

کخ کاملاً قانع نشد؛ بیماری ممکن بود به وسیله‌ی چیزی دیگر در خون پراکنده شده باشد. از این رو به «کشت» باسیل در چند نسل موش که حتی‌الامکان از آلودگی‌های دیگر پاک بود، اقدام کرد. هر چند که این ریزاندامگان‌ها هرگز با حیوانات بیماری تماس مستقیم نداشتند، باز هم می‌توانستند بیماری را شایع کنند، که آزمون بر روی موش‌ها این موضوع را نشان داد. ظاهراً موضوع مورد نظر اثبات شده بود، اما تا هنگامی که پاستور در سال ۱۸۸۶ واکسن سیاه زخم را کشف نکرد، یافته‌های کخ عملاً پذیرفته نشد.

کخ با شناسایی قطعی میکروب‌های عامل بیماری‌های دیگر، از جمله سل (TB)، وبا و عفونت خون (سپتی سمی)، به دستاوردهایش افزود. سل، که در آن هنگام «سل ریوی» نامیده می‌شد، از هر هفت نفر اروپایی یک نفر را هلاک می‌کرد. کارهای کخ چندان مهم ارزیابی شد که وی جایزه‌ی نوبل پزشکی سال ۱۹۰۵ را دریافت کرد.

کخ روش‌های ابتکاری و توانمندی را برای جدا کردن و کشت دادن انواع گوناگون باکتری ابداع کرد. او نیز اصل موضوع کخ را، یعنی شواهد لازم اثبات این‌که یک موجود زنده «عامل» بیماری است، نیز تدوین کرد. این موجود باید در تمام حالت‌ها و موارد بیماری مورد نظر یافته شود؛ باید حتی بعد از چند نسل حاصل از کشت دادن، بتواند عامل بیماری شود. دانشجویان کخ، مجهز به روش‌ها و اصل موضوع وی، میکروب‌هایی را شناسایی کردند که به ابتلا به بیماری‌های دیفتری، تیفوئید (حصبه)، طاعون خیارکی، کزاز، سیفلیس و سینه پهلو (ذات‌الریه) منجر می‌شدند. به این ترتیب تأثیر وی پس از مرگش که در سال ۱۹۱۰ اتفاق افتاد، کماکان پابرجاست.

یک بلای آسمانی از مریخ

۱۸۷۷

مریخ، «سیاره‌ی سرخ»، معمولاً هر دو سال یک بار به زمین نزدیک می‌شود. نزدیکی این سیاره به زمین در سال ۱۸۷۷ از مقدار میانگین بیشتر بود، و آن نزدیکی زمان را برای مریخ‌نگران کره‌ی زمین هیجان‌انگیز کرد. بهترین تلسکوپ‌ها و تیزبین‌ترین چشم‌ها آماده بودند تا هر جایی را که برخوردی ظاهر شود، نظاره کنند.

دو یافته‌ی عمده اعلام شد. در ایتالیا، جووانی اسکیاپارّلی تصور کرد که، وقتی چشم‌انداز و میدان دید به اندازه کافی یکنواخت و پایدار باشد، خطوط تیره‌ی باریکی را بر سطح مریخ دیده است. وی آن‌ها را به زبان ایتالیایی «کانالی»، نامید، که به معنای «مجراها» است. اگر پرسیوال لاوال، منجم آمریکایی، روی این سخنان (و مشاهدات) انگشت ننهاده بود ممکن بود به فراموشی سپرده شوند؛ لاوال ادعا کرد که نه‌تنها وی نیز توانسته این «کانال‌ها» را ببیند، بلکه مجراهای یاد شده دست ساخت و مصنوعی‌اند. به گفته‌ی وی، در مریخ موجودات هوشمند زیسته اما نژادشان منقرض شده، که شبکه‌ی وسیعی از این کانال‌ها را برای هدایت آب از قطب‌های مریخ به صحراها و کویرهایش ساخته‌اند. هیچ کس دیگری چنین چیزهایی را نتوانست ببیند، اما به نظر می‌رسید بیشتر از آن لاوال را متقاعد کرده است که حق با او باشد.

پژوهش‌های بعدی نشان داد که این کانال‌ها آفریده‌ی خیالات لاوال بوده‌اند. وجهه و اعتبارش لطمه دید، هر چند که ستاره‌شناسی معتبر بود و وجود سیاره‌ی نهم، پلوتون، را پیش‌بینی کرده بود که در سال ۱۹۳۰ کشف شد. برای همه‌ی این‌ها یک پانوشت ادبی وجود داشت: صحبت کردن از «مریخی‌ها» در آن زمان انگیزه‌ی عمده‌ی رمان‌نویس جوان انگلیسی اچ. جی. ولز را فراهم آورد که چند دهه بعد رمان *جنگ دنیاها* را نوشت.

یافته‌ی گزارش شده‌ی دیگر با دوام‌تر از کار درآمد. اسپت هال، ستاره‌شناس آمریکایی، دو قمر کوچک یافت که مریخ را دور می‌زدند؛ این دو قمر را، بنا بر افسانه‌ای باستانی به نام دو سگی که خدای جنگ را در رزم و پیکار همراهی می‌کردند، دیموس و فوبوس نامیدند. این قمرها از نزدیک به وسیله‌ی سفینه‌های فضایی دیده شده‌اند؛ آن‌ها بی‌تردید وجود دارند. این قمرها در مقایسه با مریخ بسیار کوچک‌اند؛ به احتمال زیاد سیارک‌هایی (**۱۸۰۸ پیاتزا**) هستند که بسیار به مریخ نزدیک شده و در دام نیروی گرانش آن گیر افتاده‌اند.

در اینجا هم یک رابطه‌ی ادبی برقرار می‌شود. خیلی پیش از آن‌که هال این قمرها

را بیابد، جوناتان سویفت/ سوئیفت، نویسنده‌ی انگلیسی، در رمان مشهورش *سفرهای گالیور*، خبر داده بود که مریخ دو همدم دارد. این خبر از قرار معلوم یک حدس بود. در رمان سویفت زمین یک قمر، و مشتری چهار قمر دارد (دست‌کم، وقتی سویفت این رمان را می‌نوشت چهارتایشان را می‌شناختند). سویفت چیز چشمگیرتر دیگری را هم پیش‌بینی کرد: یکی از این قمرها سریع‌تر از چرخش مریخ به دور خودش، آن را دور می‌زد و از این رو در غرب طلوع و در شرق غروب می‌کرد. شگفت این‌که، موضوع واقعاً همین طور است.

ارنست ماخ: عدد او، اصل او

۱۸۷۷ سرعت یک هواپیما یا پرتابه غالباً بر حسب «عدد ماخ» بیان می‌شود؛ این عدد سرعت آن جسم را با سرعت صوت درهمان شرایط مقایسه می‌کند. ماخ ۲ به معنای سرعتی دو برابر سرعت سیر صوت است. این عدد یکی از راه‌هایی است که یکی از تأثیرگذارترین دانشمندان قرن نوزدهم، ارنست ماخ چک‌تبار، را به یادمان می‌آورد. ماخ همه‌فن حریف و همه‌کاره بود؛ کارش در زمینه‌ی پرتابه‌ها او را در حدود سال ۱۸۷۷ به اصل موضوع قرار دادن و سپس آشکارسازی موج شوکی مخروطی‌شکل هدایت کرد که وقتی سرعت پرتابه‌ای از سرعت صوت تجاوز می‌کند، تولید می‌شود. سروصدایی که ایجاد می‌کند «غرش صوتی» لقب گرفته، و همان کنشی است که به آن «شکستن دیوار صوتی» می‌گویند.

همان‌قدر که درباره‌ی این موضوع می‌دانیم، به همان میزان هم باید بدانیم که کارهای ارنست ماخ خیلی فراتر از این‌هاست. تقریباً در همان زمان وی درگیر یکی از ژرف‌ترین راز و رمزهای علم شد: آنچه که به اشیاء کیفیتی را به نام لختی، یعنی مقاومت در برابر تغییر حالت حرکت آن‌ها، می‌بخشد و نخستین بار گالیله آن را تعریف کرد (۱۶۰٤)، چیست؟ ماخ پاسخ داد: «جهان هستی». هر چیزی در جهان هستی هر چیز دیگر را، حتی از فواصل زیاد، به سوی خود می‌کشد و شبکه‌ی نیروها پایداری و ثباتی را ایجاد می‌کند که به آن لختی می‌گوییم. بعداً، آلبرت اینشتین به شدت تحت تأثیر این ایده قرار گرفت؛ این ایده در مفهوم‌سازی نظریه‌ی نسبیت عام وی (**۱۹۱۵**) مبنی بر این‌که ماده فضا را خم می‌کند و از این رو حضور ماده در جایی بر حرکت ماده در جایی دیگر تأثیر می‌گذارد، سهم بسزایی داشت. اینشتین بود که نخستین بار این مفهوم را «اصل ماخ» نامید.

هر گزاره‌ای در فیزیک باید روابط بین کمیت‌های قابل مشاهده را بیان کند.

ارنست ماخ

جورج بارکلی فیلسوف و اسقف اوایل قرن نوزدهم انگلیسی، در قالب چیستانی مشهور به «دَلوِ اسقف بارکلی» این چالش جمع‌بندی کرد. سطل آبی را به تنابی پیچیده بیاویزید و آن را بچرخانید. پس از مدتی، آب نیز شروع به چرخیدن می‌کند و سطح گودی را تشکیل می‌دهد. سطح آب چگونه «می‌داند» که دارد می‌چرخد و باید به صورت سطحی انحنادار بایستد؟ ارتباطی به شکل ندارد، زیرا چه نسبت به سطل بچرخد یا نچرخد، سطح آن فرو می‌رود (منحنی‌دار می‌شود). پاسخ برکلی مانند پاسخ ماخ بود. آب این حرکت را در مقابل عالم دوردست ستارگان (که اکنون باید کهکشان‌ها و اختروش‌ها را هم به آن اضافه کنیم) اندازه می‌گیرد و می‌سنجد.

از نظر ماخ، این ایده درباره‌ی لختی معیاری بنیادی را تأمین و برآورد می‌کند. نظریه‌های علمی باید حتی‌الامکان ساده، برکنار از تمامی پیرایه‌های غیرضروری، و بر پایه‌ی مشاهده استوار باشند. آنچه که «قوانین طبیعت» می‌نامیم، صرفاً جمع‌بندی‌های مشاهدات‌اند، که چنان که این مشاهدات را بتوانیم در ذهن‌مان نگه داریم و تجسم کنیم، تدوین شده‌اند. این «قوانین» نسبت به آنچه که درباره‌ی جهان هستی انجام می‌دهند، درباره‌ی ما می‌گویند. از آنجا که ایده‌ها و نظرها فقط در صورتی معتبر و ارزشمندند که تجربه و آزمایش آن‌ها را تأیید کند، ماخ مفاهیمی چون فضا و زمان مطلق را، که نیوتون مجذوب آن شده بود (**۱۷۱۶**)، و حتی وجود اتم‌ها، را انکار می‌کرد. راز تلقی تجربی واقع‌بینِ مشهور به «اثبات‌گرایی یا پوزیتیویسم منطقی» از ایده‌ها و نظرات وی ناشی شد.

عدد ماخ

این عدد سرعت حرکت یک سیال (مایع یا گاز) یا جسمی در یک سیال را با سرعت صوت در سیال مقایسه می‌کند. عدد ماخ بالاتر از ۱ حاکی از سرعت «فراصوتی» است؛ عدد ماخ بالاتر از ۵ نشانه‌ی سرعت «اَبَرصوتی» است.

انکار مطلق‌ها از جانب ماخ اینشتین را هم تحت تأثیر قرار داد، و راه را برای پرداختن نظریه‌ی نسبیت خاص وی هموار کرد که بنا بر این نظریه اندازه‌گیری زمان، مکان (فضا) و جرم می‌تواند نسبت به حرکت بین ناظر و آنچه اندازه گرفته می‌شود، تغییر کند (۱۹۰٤). هیچ چیزی مطلق نیست.

لودویگ بولتسمان/ بولتزمن: فهم انتروپی

۱۸۷۷ انتروپی در زندگی لودویگ بولتزمن، فیزیکدان اتریشی، موضوع بزرگی بود. موافقت کرد که معادله‌ی انتروپی روی سنگ قبرش کنده شود. هرچند که او این ایده یا اصطلاح را ابداع نکرد (رودولف کلاوزیوس آلمانی در ۱۸۵۰ این کار را انجام داده بود)، از آن فهم و درک جدیدی به ما داد.

انتروپی معیاری از بی‌نظمی، یا فقدان اطلاعات، است. به نقاشی پر آوزاه‌ی لئوناردو دا وینچی، *شام آخر*، توجه کنید که بر دیوار سالن غذاخوری صومعه‌ای در میلان، ایتالیا، نقش شده است. وقتی این دیوارنگاره تکمیل شد پر از اطلاعات بود، هر سانتی‌متر مربع رنگ آن با نظمی دقیق آراسته شده بود. شوربختانه، این نقاشی به مرور زمان بدجوری آسیب دیده و رو به تباهی نهاده است: بسیاری از جزئیات آن اکنون از بین رفته‌اند، و رنگ‌هایش پریده و از جلا افتاده است. اطلاعات و نظم تحلیل رفته، و انتروپی افزایش یافته است. در زمانی که این نقاشی به کلی رنگ ببازد، دیواره‌ی سپیدی بر جای خواهد ماند؛ نه اطلاعاتی، نه نظمی، بلکه انتروپی به حداکثرش می‌رسد.

فرض کنید این نقاشی در ابتدا روی کاشی‌های جداشدنی کار شده بود. در ابتدا باید فقط یک راه و روش برای آراستن کاشی‌ها وجود می‌داشت به طوری که این نقاشی درست و کامل به نظر برسد و نگریسته شود، زیرا هر کاشی چیز متفاوتی می‌بود. در این صورت نظم بالا، و انتروپی پایین می‌بود. با پژمردگی و پریدگی رنگ‌ها، بسیاری از کاشی‌ها به تدریج شبیه کاشی‌های دیگر به نظر می‌رسند و می‌توان بدون تغییر یافتن حالت و ظاهر نقاشی آن‌ها را با هم عوض کرد. در این وضعیت، «حالت‌های» بیشتر در دسترس و موجودند، و انتروپی در حال افزایش خواهد بود و وقتی دیوار سفید و بنابراین تمام کاشی‌ها یکسان شدند، به حداکثر خود خواهد رسید. بنابراین، کاشی‌ها را می‌توان تقریباً به بینهایت روش آراست، و در این صورت دیوار کماکان تغییری نخواهد کرد. به زبان بولتزمن، تعداد زیادی «حالت دسترس‌پذیر»

وجود دارد و انتروپی بالای «سیستم» کاشی‌ها، این معنا را منعکس و بازگو می‌کند.

آنچه که ما تصور می‌کردیم بر سر *شام آخر* آمده در طبیعت اتفاق می‌افتد. فروافت و کاهش نظم، و اتلاف اطلاعات همواره در جریان است. افزایش انتروپی، دست‌کم در بزرگ‌ترین تصویر، آن‌طور که سیستم‌های فیزیکی به سوی یکنواختی دما (تعادل گرمایی) گرایش دارند، کلی و عمومی به نظر می‌رسد. تفاوت‌ها از بین می‌روند. رو به کاستی نهادن اطلاعات تثبیت می‌شود. انتروپی به طور اجتناب‌ناپذیری افزایش می‌یابد. نتیجه‌ی همه‌ی این‌ها تهدید «مرگ گرمایی جهان هستی» است (**۱۸۵٤**).

چهره‌های قدرتمند در نهاد علمی آلمان این ایده‌ها را به ریشخند گرفتند. بولتزمن، افسرده از حمله‌ی مخالفان و در رنج بیماری، در سال ۱۹۰٦ در حالی که در تعطیلات به سر می‌برد، خود را حلق‌آویز کرد. بر سنگ قبرش در گورستان عمومی وین معادله‌ی انتروپی نقش بسته است، که به حق نمایانگر آن است که یکباره انتروپی خودش رو به افزایش نهاده است.

آلفونس لاوران و رونالد راس: پشه‌ها و تب نوبه (مالاریا)

۱۸۸۰

آلفونس لاوران، پزشک فرانسوی، در خون درجه‌ی دکتری داشت. هم پدر و هم پدربزرگش اهل طبابت بوده‌اند. در سال ۱۸۷۱ که جنگ بین فرانسه و پروس درگرفت، لاوران در ارتش به گروهان امدادی و خدمات پزشکی پیوست و بعداً مدتی را در مقام پزشک نظامی در الجزایر سپری کرد، و در آنجا برای نخستین بار با مالاریا (تب نوبه) مستقیماً درگیر و روبه‌رو شد.

در سال ۱۸۸۰ به کشف مهمی نایل آمد. کالبدشکافی بسیاری از قربانیان مالاریا آشکار می‌کرد که خونشان حاوی موجود زنده‌ی تک‌یاخته‌ای شبیه به «جانوری ذره‌بینی» است که نخستین بار دویست سال پیش از آن (**۱٦۷۳**) آنتونی فون لونهوک آن را دیده بود. آن‌ها را تا آن موقع آغازیان (به معنای «نخستین جانوران») می‌گفتند و امروزه به انگل‌های مالاریا مشهورند. در خون قربانیان سایر بیماری‌ها این انگل خاص وجود نداشت، از این‌رو ارتباط این انگل با بیماری مالاریا روشن و قطعی شد.

استدلال لاوران در این باب که این انگل موجب ابتلا به تب نوبه است، در ابتدا رد شد؛ «جوّ مسموم یا بخار بدبوی» هوای متعفن هنوز هم به عنوان عامل چنین بیماری‌هایی شناخته می‌شد (مالاریا به معنای «هوای بد» است). اما به زودی شواهد دیگری به کمک او آمدند و طی ده سال وی نقطه‌نظرهای خود را به اثبات رسانید.

کارهای لاوران در زمینه‌ی مالاریا و سایر بیماری‌های ناشی از انگل‌ها، مانند «بیماری خواب»، برایش جایزه‌ی نوبل پزشکی ۱۹۰۷ را به بار آورد. وی نیمی از مبلغ جایزه‌اش را به تأسیس یک واحد پزشکی حاره‌ای در انستیتو پاستور پاریس اختصاص داد، که مردم به پاس پیروزی پاستور بر بیماری هاری برای او بنیاد نهاده بودند.

اگر انگل‌های مالاریا عامل بیماری تب نوبه (مالاریا) بودند، چگونه به خون قربانی وارد می‌شدند؟ رونالد راس، پزشک ارتش انگلیس مدت زمانی را در هند سپری کرد، که در آنجا بیماری تب نوبه شایع بود. خودش هم به این بیماری مبتلا شده بود. در ابتدا، حدس زد که پشه‌ها در این امر دخیل‌اند؛ در نواحی مالاریاخیز این پشه‌ها فراوان بودند. وی با بهره‌گیری از کشف لاوران، به جستجوی این انگل‌ها در بدن پشه‌ها پرداخت. در روزی که وی آن را «روز پشه»، ۲۰ آگست ۱۸۹۷، نامید، انگل‌ها را در معده‌ی پشه‌هایی یافت که اجازه یافته بودند خون مردی مبتلا به مالاریا را بمکند (آن مرد بر اثر این بیماری درگذشت). بعداً هنوز هم در غدد بزاقی این پشه‌ها انگل‌های یاد شده یافت شدند، که توضیح می‌داد چگونه آن‌ها را به انسان‌هایی که می‌گزیدند، منتقل می‌کردند.

راس نیز، مانند لاوران، جایزه‌ی پزشکی نوبل را به خاطر کشف‌اش دریافت کرد (۱۹۱۱). مهار بیماری مالاریا به کمک کشف‌های آن دو، هنوز هم تا امروز، که بیش از صد سال از آن می‌گذرد و مالاریا کماکان یکی از مشکلات بهداشتی در بسیاری از نقاط جهان به‌شمار می‌آید، بسیار سودمند بوده است.

توماس ادیسون: یک «اثر» مرموز

۱۸۸۲ توماس ادیسون، مخترع آمریکایی، را غالباً به عنوان «مردی که آینده را خلق کرد» می‌ستایند. قطعاً سیاهه‌ی ابزار و دستگاه‌هایی که او به وجود آورد بسی دراز است، که از جمله می‌توان تلگراف و لامپ روشنایی الکتریکی را برشمرد. وی پیشگام تولید و توزیع برق بود و «تصویرهای متحرک» («ویتاسکوپ»)[1] را آزمایش کرد. در مدت عمرش بیشتر از ۱۰۰۰ حق انحصاری اختراع را ثبت کرد. شاید بزرگ‌ترین میراث وی آزمایشگاه تحقیقات صنایع مدرن بود که در آنجا گروهی از پژوهشگران و مهندسان می‌توانستند ابداعات و اختراعات مفید (و پر منفعت) را به شیوه‌ای روش‌مند ایجاد کنند و بهبود بخشند.

1. Vitascope

ادیسون جایگاه خود رادر تاریخ علم از طریق «اثر ادیسون» بر جای نهاد، که کشفی تصادفی بود که در حدود سال ۱۸۸۲ بر پایه‌ی لامپ روشنایی‌اش انجام شد. در آن زمان، چالش بر سر این بود که جدا شدن ذرات کربن از فیلامان‌های سرخ شده از گرما متوقف (این فیلامان‌ها را در آن زمان از مقوای آغشته به کربن می‌ساختند) و از سیاه شدن جدار داخلی لامپ شیشه‌ای جلوگیری کنند. در لامپ‌های ادیسون جریان مستقیم برق (و نه متناوب) برقرار می‌شد؛ بنابراین یک سر فیلامان بار مثبت، و سر دیگرش بار منفی داشت. ادیسون پی برد که ذرات کربن ظاهراً عمدتاً از سر منفی ناشی می‌شوند. وی در این فکر بود که راهی پیدا کند که این ذرات را قبل از برخورد به شیشه براند و دفع کند. وی لامپ‌هایی در اختیار داشت که در جدار داخلی آن‌ها ورق فلزی فوق‌العاده نازکی قرار می‌دادند. بار منفی دادن به این ورق ذرات کربن را در هنگام نزدیک شدن، به عقب می‌راند. وقتی این ورق بار مثبت گرفت، وی جریانی اندک اما یکنواخت را یافت که از ورق به بیرون جاری می‌شد، که ظاهراً از فیلامان در نزدیکی فضای داخلی خلأ لامپ می‌آمد.

سرِ ادیسون گرم موضوع‌های دیگری در آن زمان بود، از جمله تأسیس نخستین نیروگاهِ برق در مقیاس تجارتی در لاوِر منهتن. هرچند که او پروانه‌ی انحصار اثرش را دریافت و درباره‌ی آن با همکارانش بحث کرد، هیچ کاری در این زمینه انجام نداد. در واقع، آنچه که وی دیده بود به «پرتوهای کاتدی» شباهت داشت که کنجکاوی دانشمندان آلمانی و انگلیسی را برانگیخته بود (**۱۸۵٤ گایسلر**). این جریان از جاری شدن آن چیزی ناشی می‌شد که به زودی الکترون نامیده شدند (**۱۸۹۷**) و بر اثر گرما از فیلامان بیرون می‌زند. به این پدیده «گسیل گرمایونی» لقب دادند.

ایلیا متچنیکوف: گلبول‌های سفید برای دفاع

۱۸۸۲ یکی از نظریه‌های چشمگیرتر در خصوص بدن آدمی از منبع و مرجع عجیب و غریبی ناشی شد ــ بچه‌ی ستاره‌ی دریایی در دستان یک روسی مضطرب و از لحاظ سیاسی تندرو، که در کرانه‌های مدیترانه در نزدیکی مسینا در سیسیل سرگردان بود. ایلیا متچنیکوف غالباً مستعد خودکشی و بیشتر از آن در رنج و عذاب بود، بخشی به علت اعتقاد راسخ متکبرانه‌اش به این‌که همواره حق با اوست. خوشبختانه، ثروت همسرش او را توانایی بخشید تا از اودسا در کریمه بگریزد؛ وی در اودسا به تدریس اشتغال داشت، و مدتی از وقتش را زیر آفتاب مدیترانه‌ای می‌گذرانید.

متچنیکوف (جانورشناسی آموزش‌دیده)، در حالی که داشت لارو (شفیره)های

شفاف ستاره‌ی دریایی را زیر میکروسکوپ مطالعه می‌کرد که یافته‌های کوچکی را داخل ستاره‌ی دریایی یافت، یاخته‌هایی که به نظر می‌رسید می‌توانند به هر جایی از طریق این موجود بروند. آن‌ها بسیار شبیه به گلبول‌های سفیدی بودند که در میان گلبول‌های قرمز در خون آدمی یافت می‌شدند، اما کارکردشان ناشناخته بود. متچنیکوف به فکر افتاد که گلبول‌های داخل بدن ستاره‌ی دریایی بعد از گوارش چه کاری انجام می‌دهد. وی رنگ قرمز در محلول مورد آزمایش ریخت و ملاحظه کرد که این گلبول‌های متحرک دور قطره‌های رنگ را گرفتند و آن‌ها را بلعیدند.

این مشاهده یک فکر ریشه‌نگر را برانگیخت. آیا هدف از وجود گلبول‌های سفید در خون انسان نیز چیزی از همین گونه است؟ احتمالاً دور اشیای بیگانه، مانند باکتری‌های مهاجم عامل بیماری را بگیرند و آن‌ها را ببلعند. برای آزمودن این حدس، متچنیکوف خارهای گل سرخ را به داخل پوست شفیره‌های ستاره‌ی دریایی فرو کرد. در ظرف چند ساعت صدها گلبول سفید به دور خارها جمع شدند. دلایل قانع‌کننده‌تری وقتی به دست آمد که باکتری به شفیره‌ها تزریق کرد. آن طور که وی در زیر میکروسکوپ مشاهده کرد، گلبول‌ها پیرامون باکتری‌ها جمع شدند و آن‌ها را بلعیدند.

این پدیده به یک نام نیاز داشت. متچنیکوف اصطلاح «بیگانه‌خواری»، برگرفته از واژه‌ای یونانی به معنی «خوردن سلول‌ها یا یاخته» را برای آن ابداع کرد. از آن پس این یافته یکی از راه‌هایی تلقی شد که بدن در برابر بیماری از خودش دفاع می‌کند. این یافته و نظریه منشأ و مقصد عفونت، مایع سفیدرنگ، و لبریز از گلبول‌های سفید، را نیز توضیح می‌داد که در اطراف زخم انباشته می‌شد. گلبول‌های سفید (یا «بیگانه‌خوارها») گرد می‌آیند تا از ورود باکتری به بدن از طریق شکافتگی پوست جلوگیری کنند.

آنچنان که انتظار می‌رفت این نظریه مناقشه‌برانگیز شد، و رقیبی هم داشت. شواهد رو به افزایشی وجود داشت که شکل دیگر دفاع عبارت است از گردش خون، به قول قدیمی‌ها، نوعی «خلط» (۱۸۹۱). اما این حالتی از این یا آن نبود. این زمانی بود که نشان داده شد که از شر بیماری‌ها از طریق هر دو شکل دفاع محافظت می‌شویم. متچینکوف به اتفاق پل الریش به جایزه‌ی نوبل پزشکی ۱۹۰۸ دست یافت.

متچنیکوف یادمان دیگری هم دارد که امروزه برای بسیاری آشناست. وی استدلال کرد که وجود برخی باکتری‌ها در امعا و احشا آدمی، بخصوص آن‌ها که لاکتیک اسید از خود ترشح می‌کنند، برای سلامتی انسان نقشی اساسی دارند. این جانوران ریز به گوارش کمک و از تخمیر غذا و بنابراین آزاد شدن سموم جلوگیری می‌کنند.

متچنیکوف فکر می‌کرد که این جانوران باید در واقع عمر را طولانی کنند، و نام «پروبیوتیک»، برگرفته از کلماتی به معنای «به خاطر حیات»، را که ماست سرشار از آن است، ابداع کرد.

اسوانته آرنیوس: «یون‌ها» واقعی‌اند

۱۸۸۴

اسوانته آرنیوس، دانشجوی سوئدی، در ۲۵ سالگی پایان‌نامه‌ی دکتری ۱۵۰ صفحه‌ای خود را در سال ۱۸۸٤، که بدون هیچ مشورتی با استادان دانشگاه اوپسالا نوشته بود، ارائه داد. این استادان چنان نسبت به این پایان‌نامه دچار بدفهمی شدند که کم‌ترین نمره را به آن دادند که فقط رد نشود. اشتباه آن‌ها در سال ۱۹۰۳ آشکار شد، که در آن سال آرنیوس جایزه‌ی شیمی نوبل را اساساً به خاطر همان نظریه از آن خود کرد که استادان هیئت داوری به خاطر آن، پایان‌نامه‌ی دکتری‌اش را بیست سال پیش رد کرده بودند.

آرنیوس توضیح داد که چرا آب آمیخته با کمی نمک یا اسید جریان الکتریکی را از خود عبور می‌دهد، در حالی که آب بسیار خالص از برقراری این جریان جلوگیری می‌کند. در واقع ایده‌ی او چیز جدیدی نبود. چهل سال پیش‌تر، مایکل فاراده نام «یون» را روی ذراتی فرضی با بار الکتریکی سرگردان در مایع رسانا (الکترولیت) گذاشته بود، که عملاً جریان الکتریکی را برقرار می‌کنند (**۱۸۳٤**). اما فاراده فکر نمی‌کرد این ذرات واقعاً وجود دارند (او نسبت به وجود اتم‌ها نیز تردید داشت) و اگر وجود داشتند، این عمل بابت تلاش آن‌ها در عبور دادن جریان بود که آن‌ها را تشکیل می‌داد.

آرنیوس خلاف این را می‌اندیشید. وی استدلال کرد که اگر نمک طعام معمولی (سدیم کلراید) در آب حل شود، هر مولکول آن به یک جزء با بار مثبت (یون سدیم) و یک جزء با بار منفی (یون کلر) تجزیه یا تقسیم می‌شود. مولکول‌های نمک وقتی نمک محلول (یا مذاب) نباشد، بر اثر ربایش بارهای ناهمنام کنار یکدیگر باقی می‌مانند. در اینجا نیز، یک ایده‌ی جدید مطرح نبود: یونس بَرسلیوس (**۱۸۱٤**)، و پیش از وی همفری دیوی (**۱۸۰۷**)، اظهار داشته بودند که مولکول‌ها تکه‌های مثبت و منفی دارند، اما این ایده به کلی به فراموشی سپرده شده بود ــ و عدم فهم و درک استادان آرنیوس هم از همین جا ناشی می‌شد.

آرنیوس، به‌عنوان برهان، اظهار داشت که محلول نمکی در دمای بالاتری از دمای آب خالص به جوش می‌آید، و در دمای پایین‌تری یخ می‌زند. این دقیقاً همان چیزی

است که باید به عنوان نتیجه‌ی حضور و وجود فراذرات پذیرفته می‌شد که وقتی پدید می‌آیند که مولکول‌ها شکسته (گسیخته) می‌شوند. این امر نشان داد که ذرات باردار واقعی‌اند، و همیشه هم وجود دارند.

این نگرش را امروز «نظریه‌ی یونی» می‌گویند. مثلاً، تمام اسیدها به صورت محلول رقیق یون‌های هیدروژن با بار مثبت آزاد می‌کنند، که باقی‌مانده‌ی مولکول یونی منفی را تشکیل می‌دهند. این یون‌های هیدروژن به اسیدها خاصیت متمایزشان (ترش‌مزه‌گی، قرمز کردن رنگ تورنسل)، رها کردن هیدروژن در هنگام واکنش به فلزات) را می‌بخشد. در اسیدی قوی (مانند سولفوریک اسید) تقریباً تمام مولکول‌ها به یون‌ها تجزیه می‌شوند؛ در اسید رقیق (مانند سیتریک اسید در آبلیمو) فقط چند مولکول تجزیه می‌شوند. از آنجا که مولکول‌های آب به یون‌ها تجزیه نمی‌شوند، به طریق دیگری باید کنار هم نگه داشته شوند (**۱۹۲۸ پولینگ**).

از بخت خوش آرنیوس، پژوهشگران سایر کشورها دیدگاه‌های او را بهتر فهمیدند و به زودی به او کارهایی پیشنهاد شد و فرصت سفر پیدا کرد. همکاران سوئدیش به تدریج به پذیرش نظریه‌هایش پرداختند، اما او هرگز به آنجا برای کار بازنگشت. آرنیوس از ذهن بسیار فعالی برخوردار بود: همین‌که نظریه‌ی یونی وی پذیرفته شد، به تأمل در باب خاستگاه عصر یخبندان (**۱۸۹۵ گلخانه‌ی جهانی**) پرداخت و به فکر افتاد که آیا حیات از گیاه به گیاه و از طریق انتقال دشوار هاگ‌ها در فضا آغاز شده است یا خیر (مفهوم پراکندگی هسته‌های حیات در سرتاسر جهان هستی [**۱۸۲۲ دنباله‌دار اِنکه**]). وی در سخن گفتن درباره‌ی علم برای غیر متخصصان و نادانشمندان بسیار ورزیده و ماهر بود.

امیل فیشر: قندها، پروتئین‌ها، آنزیم‌ها

۱۸۸۴ پدر امیل فیشر کسب و کار پر رونقی در زمینه‌ی الوار را در آلمان اداره می‌کرد و به گمانش پسر باهوشش نیز باید به حرفه‌ی خانوادگی ملحق شود. فیشر جوان چندان مشتاق این کار نبود و می‌خواست علوم بخواند، اما تسلیم خواسته‌ها و تمایلات پدرش شد. به هر دلیلی، کارها به این روال پیش نرفت. فیشر پدر از قرار معلوم ادعا کرد که پسرش احمق‌تر از آن است که بازرگان شود، اما به اندازه‌ی کافی برای شیمیدان شدن تیزهوش است.

وی آشکارا در این انتخاب حق داشت: فیشر متجاوز از ۴۰ سال به این حرفه

اشتغال داشت، و در سال ۱۹۰۲ به اوج شکوفایی خود رسید که جایزه‌ی نوبل شیمی را دریافت داشت. میراث واقعی وی در بصیرت‌هایی نهفته است از این قبیل که مواد شیمیایی کمپلکس گوناگونی که سازنده‌ی آن‌ها موجودات زنده‌اند، چگونه کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. آزمایش‌ها (**۱۸٤۵ برتوله**) قبلاً نشان داده بود که انواع عمده‌ی پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و چربی‌ها می‌توانند به واحدهای کوچک‌تر ــ به ترتیب، آمینواسیدها، قندهای ساده و اسیدهای چرب ــ شکسته شوند و ظاهراً می‌توانند دوباره سر هم شوند تا مولکول‌های بزرگ اولیه را تشکیل دهند. طبیعت همه‌ی این کارها را همواره انجام می‌دهد.

در سال ۱۸۸٤ فیشر حدود ۳۰ ساله شروع به کار روی قندها کرد. وی به زودی توانست گوناگونی بین انواع قندهای ساده را که رابطه‌ی تنگاتنگی با هم داشتند، مانند گلوکز، مالتوز و فراکتوز، تشخیص دهد. از این میان، گلوکز ساده‌ترین‌شان به نظر می‌رسید و برخی از قندهای دیگر می‌توانستند از طریق الحاق چند واحد گلوکز به وجود آیند. شاید این امر در مورد همه‌ی هیدروکربن‌ها، از جمله حتی نشاسته و سلولز، یعنی ماده‌ی ساختمانی اساسی گیاهان نیز صادق بود.

فیشر به این کشف هم نایل آمد که مولکول‌های آمینواسید در پروتئین‌ها از طریق پیوندهای «پپتیدی» با هم پیوند برقرار می‌کنند. حاصل پیوند چند آمینواسید یک چندپپتید (پُلی پپتید) است: تعدادی از آن‌ها که به نحو مناسبی آراسته و مرتبط شده باشند پروتئین کاملی چون هموگلوبین در گلبول‌های قرمز خون یا کازئین (ماده‌ی پروتئین شیر) را تشکیل می‌دهند. نام «پپتید» به پپسین برمی‌گردد، ماده شیمیایی در شیره‌های گوارشی که می‌تواند این پیوندها را بشکند و آمینواسیدها را جدا کند (**۱۸٦۹ میشر و فلمینگ**).

پپسین یکی از بسیار پروتئینی بود که، مطابق تعریف یونس برسلیوس (**۱۸٤۸**) از آن‌ها، کاتالیزگر از کار درآمدند: ترکیب‌هایی که واکنش‌های شیمیایی را سرعت می‌بخشند اما خودشان مصرف نمی‌شوند. برای مدتی پپسین و مواد شیمیایی مشابه را «مخمرهای انحلال‌پذیر» می‌نامیدند، اما بعداً نام «آنزیم» به آن‌ها اطلاق شد که از واژه‌ای یونانی به معنای «در مخمر یا خمیرمایه» برگرفته شده است. یکی از آن‌ها، به نام «زیماز» از مخمر نانواها (مایه خمیر) یا خمیر ترش استخراج شد که کمک می‌کند قند و نشاسته در خمیر شیرینی اندکی تجزیه شود، و کربن دیوکسید آزاد کند تا نان یا شیرینی ورم کند (پف کند).

نخستین کسی که به چگونگی کارکرد این آنزیم‌ها پی برد، در حدود سال ۱۸۹٤،

فیشر بود. مولکول‌های آنزیم شکل خاصی دارند که می‌توانند «مانند کلیدی که به یک قفل می‌خورد» با مواد شیمیایی گوناگونِ درگیر در واکنش جفت و جور شود و آن‌ها را به برهم‌کنش وا دارد. به این ترتیب، هر واکنشی به آنزیم خاص خودش نیازمند است. آنزیم‌ها گاهی سرعت واکنش‌ها را صدها یا هزاران بار افزایش می‌دهند، و سرعت آن‌ها را به اندازه‌ای می‌رسانند که موجودات را زنده نگه دارند.

در حالی که فیشر خشنود و در کارش موفق بود، بخصوص در ووتسبورگ، که دوست داشت در جنگل سیاه راه‌پیمایی کند، زندگی خصوصی‌اش بهره‌ای از نیک‌بختی نداشت. همسرش هفت سال پس از ازدواجشان درگذشت، یکی از پسرانش در جنگ جهانی اول کشته شد، و پسر دیگرش بر اثر فشار عصبی ناشی از آموزش نظامی اجباری، خودکشی کرد. فیشر در سال ۱۹۱۹ بر اثر ابتلا به سرطان درگذشت.

اسکار هدویگ و آگوست وایزمن: تقریباً پیش به سوی ژنتیک

۱۸۸۴ تعیین تاریخی برای این‌که نخستین بار کسی حدس زد چگونه نسلی از جانوران یا گیاهان به نسل بعدی می‌گوید چگونه باشد و چگونه رفتار کند، دشوار است. این شناخت و آگاهی طی سال‌هایی چند رشد یافت و انسان‌های بسیاری درگیر آن بودند؛ در پایان قرن نوزدهم نسبت به تصویر گسترده‌ی آن، اگر نه جزئیاتش، ایده‌های مطلوبی داشتیم.

شاید کارل فون‌نگلی در ۱۸٤۲ آغازگر آن بود، که برای نخستین بار شکافتگی یاخته‌های گیاهی و جانوری را مشاهده کرد، که دو یاخته‌ی ظاهراً یکسان جای یک یاخته را می‌گیرند. (نیز همین فون‌نگلی بود که به گرگور مندل گفت که مشاهدات مفصلش درباره‌ی تولید مثل گیاهی «به‌کار بیشتری نیاز دارند») به‌یمن کارهای ماتیاس اشلایدن، تئودور سووان و رودولف فیرشو (**۱۸۳۸**) نظریه‌ی یاخته‌ای در آن موقع جا افتاده بود: همه چیز از سلول یا یاخته ساخته می‌شود، تمام یاخته‌ها از یاخته‌های دیگر ناشی می‌شوند، تمام یاخته‌ها هسته‌ای دارند که وقتی یاخته‌ها تقسیم می‌شوند، تکثیر می‌شود. به فکر خیلی از دانشمندان رسید که هسته کلید ماجراست.

کمی بعد، کار در سه جبهه، و ابتدا مستقل از هم آغاز شد. در حالی که مندل (**۱۸٦۵**) قوانین ژنتیک را تعریف و «واحدی» از اطلاعات وراثتی را بدیهی فرض می‌کرد، یوهان میشر (**۱۸٦۹**) داشت هسته را جدا می‌کرد و در آن ماده‌ی شیمیایی خاصی به نام نوکلئیک اسید یافت، و کوتاه زمانی بعد والتر فلمینگ شاهد پیچیدگی‌های

تشکیل کروموزوم‌ها و تقسیم در داخل هسته در هنگام تقسیم شدن یاخته بود.

تا دهه‌ی ۱۸۸۰، همه چیز به رهبری آلمان‌ها جمع و جور شد. اسکار هدویگ و آگوست وایزمن از جمله‌ی بزرگ‌ترین نام‌های این حوزه بودند. در سال ۱۸۸۲ وایزمن اظهار داشت که کروموزوم‌ها جایی‌اند که در آنجا کنش و عمل به وراثت و خصوصیات ارثی مربوط می‌شود؛ در سال ۱۸۸٤ هدویگ اعلام کرد که نوکلئیک اسید ماده‌ای است که اطلاعات ژنتیکی را منتقل می‌کند.

هدویگ، در زیر میکروسکوپ پیوند یک یاخته‌ی تخم (تخمک) و یک اسپرم را مشاهده کرده بود؛ وی ادعا کرد که این اتفاق لحظه‌ی لقاح (بارورسازی) است. به ادعای وی تمامی غایت و هدف رابطه‌ی جنسی عبارت است از کنار هم قرار دادن آن دو.

در این میان، ادوارد فان بندِن، سلول‌شناس بلژیکی (عنوان جدیدی برای مطالعات جدید سلول‌ها یا یاخته‌ها)، دریافت که تمامی یاخته‌ها در یک گونه‌ی جانور یا گیاه تعداد کروموزوم‌های مشابه و یکسانی دارند: ٤٦ در انسان، ۲۲ در درخت غول (سکویا)، هشت در یک حشره‌ی میوه. استثنای این قانون کشف دیگر او بود. یاخته‌های دخیل در تولید مثل، مانند اسپرم، گرده یا تخمک‌ها پیش از لقاح، فقط نیمی از تعداد متعارف کروموزوم‌ها را دارند. از این رو وقتی لقاح بین، مثلاً، اسپرم و تخمک اتفاق می‌افتاد، هر یک در نیمی از کروموزوم‌ها سهیم می‌شد تا یاخته را بارور کند.

اکنون باید برقراری ارتباط با انتقال خصوصیات ارثی از یک نسل به نسل بعدی آسان بوده باشد. اما، متأسفانه کارهای اساسی مندل در این حوزه (۱۸٦٥) نادیده گرفته شده بود، و باید انتظار کشف مجدد آن‌ها را می‌کشیدند (۱۹۰۰).

لویی پاستور: پیروزی بر بیماری هاری

۱۸۸۶

لویی پاستور، زیست‌شناس نامبردار فرانسوی، یکی از نخستین کسانی بود که از یافته‌ی کخ استقبال کرد. در سال ۱۸۷٦ رابرت کخ آلمانی موجود ذره‌بینی باسیل، عامل بیماری سیاه زخم، بیماری خطرناک نزد دام‌ها را شناسایی کرد. وی به سرعت از کخ حمایت کرد اما این نکته را هم یادآور شد که تمام جانوران به سیاه زخم مبتلا نمی‌شوند. ماکیان در برابر ابتلا به آن مصونیت دارند. آیا علت این امر آن است که دمای بدن آن‌ها حدود ٤۳ و نه ۳۷ در سایر حیوانات است؟ شاید گرما میکروب سیاه زخم را ضعیف می‌کند و حتی می‌کشد. پاستور بدن جوجه‌ی زنده را تا ۳۷ خنک کرد ــ این جوجه ایمنی‌اش در برابر سیاه زخم را از دست داد. طی آزمایشی که پاستور

در پاسخ به منتقدان در حضور مردم ترتیب داده بود، باسیل سیاه زخم را حرارت داد و به ۲۵ رأس گوسفند تزریق کرد. هیچ اتفاق خاصی نیفتاد. آنگاه به همان گوسفندان و ۲۵ رأس گوسفند دیگر میکروب سیاه زخم تزریق کرد. دسته‌ی اول زنده ماندند، دسته‌ی دوم هلاک شدند. باکتری‌های گرم شده نتوانسته بودند سبب بیماری شوند، اما حیوانات را به نحوی ایمن کردند. به زودی میلیون‌ها رأس گوسفند و گاو بر علیه سیاه زخم مصونیت یافتند. کسی برآورد کرد که صرفه‌جویی و جلوگیری از خسارت این بیماری در دام‌ها معادل غرامت‌هایی بوده که فرانسه ناگزیر شد پس از شکست در جنگ مقابل پروس بپردازد.

پاستور این روش‌ها را با موفقیت در مورد وبای مرغی، بیماری پر خسارت دیگری در میان حیوانات، تکرار کرد. وی این روش درمان را «مایه‌کوبی (واکسیناسیون)» نامید، که به این ترتیب به ادوارد جِنِر حرمت نهاد، که ۹۰ سال پیش‌تر پیشگام اقدام مشابهی بود، و با بهره‌گیری از آبله‌ی گاوی آدمی را در برابر بیماری مهلک‌تر آبله مصونیت بخشید (۱۷۹۶). وی کشت باکتری‌های ضعیف‌شده را «واکسن یا مایه» نامید.

بزرگ‌ترین پیروزی پاستور در مقابله با هاری (یا آب‌ترسی) به دست آمد، که می‌توانست انسان‌هایی را که حیوان مبتلا به هاری آن‌ها را گاز گرفته بود، هلاک کند. وی واکسنی از مغز حرام (نخاع) خرگوش‌های بیمار (هار) درست کرد، هر چند که هنوز هم به وضوح این باکتری را شناسایی نکرده بود. وی پس از کوتاه زمانی توانست سرایت این بیماری از سگ به سگ را متوقف کند اما به درمان روی انسان‌ها اقدام نکرد زیرا بیم داشت که جایی مرتکب خطا شود. وی در سال ۱۸۸٦ این گام را برداشت وقتی که ژوزف میستر ۹ ساله را که سگ هاری تکه پاره‌اش کرده بود، به آزمایشگاهش آوردند.

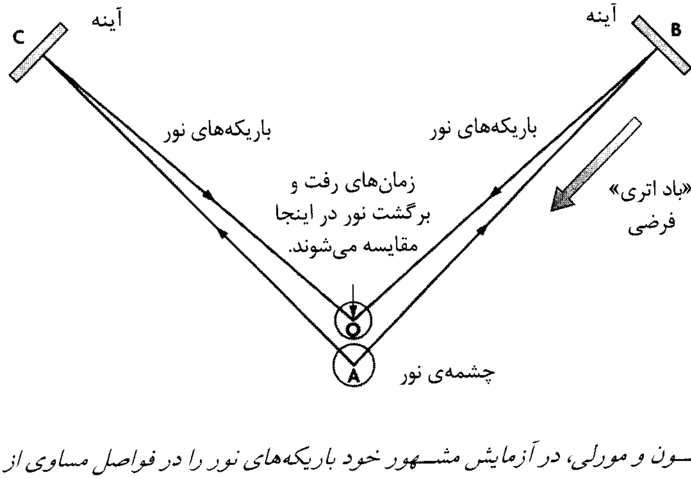
> *در عرصه‌ی مشاهده، اقبال و بخت فقط نصیب آن ذهن‌هایی می‌شود که از پیش آماده بوده‌اند.*
>
> لویی پاستور

به نظر می‌رسید مرگ آن پسرک قطعی است، از این رو پاستور به درمانش اقدام کرد (هرچند که مجوز طبابت نداشت). میستر بهبود کامل یافت، همان‌گونه که چند ماهی بعد چوپان جوانی که سگ هار گازش گرفته بود، بهبود یافت. تبلیغات و سروصدا شدید بود؛

شاید پاستور به مشهورترین دانشمند جهان تبدیل شد. سپاسگزاری همگانی به پشتیبانی از تأسیس انستیتو پاستور برخاست، که ژوزف میستر سالیان سال در سمت دربان در آنجا خدمت کرد. پاستور، ده سال بعد در هفتاد و پنج سالگی بر اثر سکته‌ی مغزی درگذشت.

آلبرت مایکلسون و آرتور مورلی: در جستجوی اتر

۱۸۸۷ طی قرن‌ها بسیاری از دانشمندان تصور می‌کردند که فضای ظاهراً خالی پر از ماده‌ای فوق‌العاده رقیق به نام «اتر» است. رنه دکارت، فیلسوف فرانسوی، آن را «ماده‌ی نامحسوس» نامید و ادعا کرد سیارات در مدارشان به وسیله‌ی گرداب‌ها یا تاو- شارهای وسیع و پهناور در این ماده به حرکت درمی‌آیند (۱٦٤٤). به گمان کسانی دیگر نور صرفاً رشته زنجیره‌ای از موجک‌ها در اتر شفاف بود. به نظر باز هم کسان دیگری این اتر بایستی جزئی از «فضای مطلق» می‌بود، که در مقابل آن، بنا بر آرای آیزاک نیوتون (۱۷۱٦)، حرکت واقعی اشیاء را می‌شد اندازه‌گیری کرد.



مایکلسون و مورلی، در آزمایش مشهور خود باریکه‌های نور را در فواصل مساوی از A تا آینه‌های B و C و سپس در برگشت به O تابانیدند؛ در O زمان رفت و برگشت نور (سفر نور) مقایسه می‌شد.

اگر «باد اتری» (ناشی از حرکت زمین درداخل اتر فرضی) از B به سوی O و A می‌وزید، سفر نور در مسیر ABO باید اندکی طولانی‌تر از سفر نور در مسیر ACO می‌بود که در مسیر متقاطع با باد اتری انجام می‌شود. اما علیرغم آزمایش‌های بسیار، هیچ اختلافی در زمان سفر نور در این مسیرها به دست نیامد. باد اتر (باد اتری) آشکارسازی نشد.

جای شگفتی ندارد که این مفهوم، با همه‌ی کاربردهای بالقوه‌ی بسیارش، محبوب و پر طرفدار بود، اما از همان آغاز ایده‌ای پر دردسر و غامض بود. فیزیکدانان در سازگار کردن و آشتی دادن خواص گوناگونی که اتر باید می‌داشت، به تلاش و جهد زیادی دست زدند. اتر برای این‌که نور را با سرعت بسیار زیادش حمل کند، باید صلب و انعطاف‌ناپذیر می بود. در عین حال باید بسیار انعطاف‌پذیر باشد تا حرکت سیاراتی را که در داخل آن پیش می‌رفتند، کند نکند.

آزمون تعیین‌کننده در سال ۱۸۸۷ پیش آمد. آلبرت مایکلسون و آرتور مورلی، فیزیکدانان آمریکایی، از طریق اندازه‌گیری بسیار دقیق سرعت نور در جهت‌های مختلف، به آشکارسازی اتر اقدام کردند. آنان استدلال می‌کردند که اتر باید به وسیله‌ی زمین که خورشید را دور می‌زند جاری شود، مانند جریان رودخانه. نور باید قایقی در یک رودخانه باشد، که با حرکت کردن در خلاف جهت آب، در جهت آب، یا در حالت قطع کردن جریان آب، سرعت‌های مختلفی داشته باشد.

در حقیقت، مایکلسون و مورلی باریکه‌های نور را در جهت‌های موازی با یا عمود بر حرکت زمین جاری می‌کردند. آنان باریکه‌های نور برگشتی را در یک «تداخل‌سنج» مقایسه کردند، تا تغییرات بسیار اندک سرعت را که وجود اتر را آشکار می‌کرد، پیدا کنند. علیرغم تلاش‌های پر دامنه‌ای که کردند، چنین تغییراتی را نیافتند.

به نظر می‌رسید که اتری در کار نیست، یا دست‌کم نمی‌شود آن را آشکارسازی کرد، که در هر دو صورت نتیجه یکی است. به بیان دیگر، هر تلاشی برای اندازه‌گیری سرعت نور، مثلاً در خلأ، همواره به نتیجه‌ی یکسانی می‌انجامد. مستقل از این‌که چشمه‌ی نور حرکت کند یا آشکارساز، سرعت نور مقدار ثابتی از آب درمی‌آمد. بر پایه‌ی این کشف ژرف، آلبرت اینشتین نظریه‌ی نسبیت خاص خود را بنا نهاد (**۱۹۰٤**).

هاینریش هرتز: کشف امواج رادیویی

۱۸۸۸

امروزه نام هاینریش هرتز، فیزیکدان آلمانی را به عنوان یکای بسامد، یعنی تعداد دفعاتی که در یک ثانیه اتفاقی می‌افتد، می‌شناسیم. ساعت در یک پردازنده‌ی یک گیگا هرتزی (gHz) در یک کامپیوتر یک هزار میلیونیم یک ثانیه، یک تیک می‌کند. هرتز در روزگار خودش با کشف «امواج هرتزی» به شهرت رسید، گرچه وی شخصاً تردید داشت که این امواج اصلاً ارزشی داشته باشند. یافتن آنچه که ما امواج رادیویی می‌نامیم مؤید پیش‌بینی (**۱۸۷۱**) جیمز کلرک مکسول نابغه‌ی

اسکاتلندی بود؛ که فکر می‌کرد جرقه‌های الکتریکی باید تابشی شبیه به نور پدید آورند و با همان سرعت هم حرکت کنند.

هرتز برای آزمودن پیش‌بینی مکسول شکاف باریکی میان دو میله‌ی فلزی ایجاد کرد و این میله‌ها را به یک پیچه (سیم‌پیچ) القایی، نوعی ترانسفورماتور (**۱۸۳۱**)، متصل کرد. ولتاژی که از این پیچه حاصل می‌شد کافی بود که مقاومت هوا را در هم بشکنند. وی استدلال کرد که جرقه‌ها در عرض شکاف (فرستنده‌ی رادیویی) به جلو و عقب می‌جهند و احتمالاً امواجی را تشکیل می‌دهند که مکسول آن‌ها را پیش‌بینی کرد. هرتز برای گیر انداختن آن امواج، اگر وجود می‌داشتند، حلقه‌ی سیمی با یک شکاف کوچک («گیرنده») درست کرد. البته، وقتی جرقه‌ها در فرستنده قوسی را تشکیل می‌دادند، جرقه‌های کوچک‌تر، همزمان، در گیرنده در شکاف جهش می‌کردند. واضح است که چیزی در عرض اتاق انرژی را حمل می‌کرد.[۱]

آنگاه هرتز انرژی جدیدش را از ورقی فلزی بر دیوار دوردست به عقب جهانید و گیرنده را بین آینه و فرستنده به عقب و جلو برد. وی مواضعی را در اتاق یافت که در آنجا گیرنده تعداد زیادی جرقه را پیدا کرد، در جاهای دیگر هیچ چیزی را ضبط نکرد. این‌ها شبیه فریزهای روشن و تاریکی بودند که توماس یانگ در آزمایش دو شکاف دوگانه‌اش در سال ۱۸۰۱ مشاهده کرده بود، و حاصل تداخل دو پرتو نور بود، و گواه واضحی حاکی از موجی بودن نور به‌شمار می‌آمد. این فریزها امکان اندازه‌گیری فاصله‌ی قله‌های امواج از یکدیگر («طول موج‌ها») را هم برای یانگ فراهم آوردند.

هرتز همان کار را برای امواج جدیدش انجام داد. او به بسامد این امواج از روی خواص سیم‌پیچ القایی پی برد. بسامد ضرب در طول موج سرعت را به دست می‌دهد. وقتی این‌ها را جمع‌بندی کرد، کشف‌اش کامل شد. امواج جدید با سرعت نور حرکت می‌کردند، و در واقع همان چیزی بود که مکسول پیش‌بینی کرد. آزمایش‌های بعدی نشان داد که این امواج می‌توانند مانند نور بازتابیده شوند.

فناوری رادیو بر پایه‌ی چنین مقدماتی رشد و نمو کرد، سرآغازی با کار گولیلمو مارکونی ایتالیایی (**۱۸۹۵**). برای نسل‌های بعدی، که راه‌های بهتری برای ایجاد این امواج یافته شده است، تا مدت‌های طولانی متصدی رادیوی کشتی را «اسپارک» می‌نامیدند. حتی امروزه، در آلمانی «tele furk» که برای رادیو به کار می‌برند، در این زبان به معنای «جرقه: spark» است.

---

۱. برای دستیابی به اطلاعات جامع در این زمینه، به فصل اول کتاب *کوانتوم*، از همین مترجم و ناشر، مراجعه کنید. م

امیل برینگ: قدرت سرم

۱۸۹۱

زمانی را که امیل برینگ آلمانی به عنوان پزشک ارتش و مدرس در دانشکده‌ی نظامی سپری کرد، تأثیر خود را در تمام زندگی بر ذهن وی بر جای نهاد. در سرتاسر عمرش ساعت چهار صبح از خواب بر می‌خواست و صبحانه یک استیک می‌خورد. زمانی که همکارانش به آزمایشگاه وارد می‌شدند وی نیمی از کار روز را انجام داده بود.

چنین انضباطی طی حیات حرفه‌ای سرشار و پر بار، با دریافت نخستین جایزه‌ی نوبل پزشکی در سال ۱۹۰۱ به بار نشست. برینگ به مدت پنج سال با رابرت کخ، کاشف (به تنهایی و همراه با دانشجویانش) بسیاری از موجودات ذره‌بینی عامل بیماری‌هایی عفونی چون سیاه زخم و سل (۱۸۷٦)، کار کرد. عمده‌ی علاقه و توجه برینگ به دیفتری بود، که سبب می‌شد غشایی در گلوی قربانی رشد و او را خفه کند.

یک عامل مهم به سرعت ظاهر شد: نشانه‌های بیماری ناشی از باسیل‌های دیفتری نبودند، بلکه سمی شیمیایی این عامل را تشکیل می‌داد که آن باسیل‌ها تولید می‌کردند. شاید می‌شد این بیماری را با خنثی کردن این سم درمان کرد هر چند که میکروب‌های عامل بیماری کماکان در خون وجود داشتند. وی سپس پی برد که خون حیوانی که در مقابل دیفتری مصون شده (از طریق تزریق میکروب‌های ضعیف شده به شیوه‌ای که پاستور در ابتدا در مورد سیاه زخم و سپس هاری انجام داد [۱۸۸٦]) حاوی ماده‌ای شیمیایی است که با این سم مقابله می‌کند.

برینگ همراه با شیباسابور کیتوساتو، شاید نخستین ژاپنی پژوهشگر که بر علم اروپایی تأثیر نهاد، به این کشف نایل آمد هرچند که او در جایزه‌ی نوبلی که برینگ برد، سهیم نشد. اگرچه این کشف شامل کزاز هم می‌شد، مفهوم «پادزهر» [ضد سم] ظاهراً در مورد سایر بیماری‌ها کاربرد داشت.

با یافتن این‌که خونابه‌ی حاصل از حیوان مصونیت یافته (یعنی، سرم)، که عبارت است از خونی که تمام ماده‌ی جامد آن، از جمله گلبول‌های سفید و قرمز، برداشته شده، می‌تواند برای انتقال پادزهر به حیوان دیگر به کار رود، که سپس بتواند با بیماری مقابله کند، گام بزرگی به جلو برداشته شد. برینگ، از طریق کار کردن روی یک دسته حیوانات بزرگ‌تر ــ خوکچه‌ی هندی، خرگوش، گوسفند ــ تا کریسمس ۱۸۹۱ به اندازه‌ی کافی پادزهر گردآوری کرده بود تا به دختر جوانی تزریق کند که به دیفتری مهلکی دچار شده بود. این دختر بهبود یافت؛ پادزهر کار خود را کرده بود. «سرم درمانی» جا افتاد و تثبیت شد. تولید انبوه آن برینگ را هم ثروتمند و هم مشهور کرد.

برینگ، بعداً به چالش در زمینه‌ی سل (TB) وارد شد، که مورد توجه کخ هم بود. وی مؤسسه‌ای تحقیقاتی در خصوص این بیماری تأسیس کرد، که در این راه پول حاصل از جایزه‌ی نوبل و دارایی‌های دیگرش را وقف کرد. سرانجام همین بیماری در سال ۱۹۱۷ او را از پای درآورد.

لرد ریلی و ویلیام رمزی: یافتن آرگون

۱۸۹۴

هر روزه از گاز آرگون استفاده می‌کنید بدون این‌که آن را بشناسید. لامپ‌های روشنایی معمولی از این ماده پر شده‌اند. «بی‌اثر یا خنثی» بودن (نامش در یونانی در واقع به معنای «بیکاره، تنبل و باطل...» است) و از این رو امتناع از وارد شدنِ به واکنش‌های شیمیایی، از سوختن کامل اِلمان داغ جلوگیری می‌کند آن چنان که عملاً در حکم خلأ عمل می‌کند، و کار کردن با این گاز بسی آسان‌تر است تا با خلأ.

کشف آرگون به دست دو نفر انجام شد. آنان که در ابتدا مستقل از هم کار می‌کردند، و بعداً به همکاری پرداختند؛ این دو که مستقلاً کار می‌کردند لرد ریلی انگلیسی ثروتمند و ویلیام رمزی اسکاتلندی‌تبار بودند، که این یکی برای گذران زندگی نیاز به کار کردن داشت، که پی بردند هوای معمولی جز نیتروژن و اکسیژن حاوی چیزهای بیشتری است. حدود یک درصد هوا بایستی حاوی این چیزهای دیگر باشد.

ریلی در اوایل سال ۱۸۹٤ فهمید که بازمانده‌ی بر جای مانده از خارج شدن اکسیژن از هوا اندکی سنگین‌تر از نیتروژنی است که بر اثر واکنش‌های شیمیایی از امونیاک به دست می‌آید. رمزی حدس زد که چرا چنین اتفاقی می‌افتد. وی آزمایشی را به یاد آورد که هنری کاوندیش پیشگام شیمی در انگلستان دویست سال پیش انجام داده بود (**۱۷٦٦**). کاوندیش تلاش کرده بود اکسیژن و نیتروژن را از طریق واکنش‌های شیمیایی گوناگونی از هوا استخراج کند، و انتظار داشت که هیچ چیز باقی نماند اما در عوض حباب‌های ریز گازی باقی ماند که سرسختانه از خارج شدن امتناع می‌ورزیدند. وی آرگون را یافته بود، اما این را ندانست. ریلی و رمزی بار دیگر آن را یافتند (هر چند به روشی متفاوت)، دانستند که آن را یافته‌اند و به این مناسبت ریلی جایزه‌ی فیزیک نوبل، و رمزی جایزه‌ی نوبل شیمی، را در سال ۱۹۰٤ دریافت داشتند.

ریلی میل داشت در سخنرانی‌هایش خاطرنشان کند که هر چند آرگون نخستین گاز یافته شده از گازهایی است که معمولاً آن‌ها را «گازهای نادر» می‌نامند، اما واقعاً

هم «نادر» نبود. میزان آرگون موجود در هوا بیشتر از مقدار کربن دیوکسید یا بخار آب است، کل مقدار آرگون موجود در هوا در یک سالن سخنرانی به وزن هر یک از شنوندگان است.

پرتوهای کاتدی: پاسخ ظاهر می‌شود

۱۸۹۵ داستان پرتوهای کاتدی (**۱۸۵٤ گایسلر**) را با طرح یک پرسش رها کردیم. این پرتوهای نامرئیِ مرموز چه بودند؟ به نظر می‌رسید که از تیغه یا ورقه‌ای با بار منفی درداخل لوله‌ای تقریباً خالی از هوا جاری می‌شوند؛ این‌ها دیواره‌های لوله را درخشان می‌کنند. این پرتوها در خطوط مستقیم شبیه به نور حرکت می‌کنند و از این رو می‌توانند سایه بیندازند؛ اما همچنین می‌توانند یک چرخ پره‌دار را بچرخانند و از این رو شاید ذره باشند. در غیر این صورت چه چیزی‌اند؟

به نظر آلمان‌ها این پرتوها شکلی نامرئی از نور، شاید شبیه به پرتوهای «فرابنفش» بودند که در سال **۱۸۰۲** یوهان ریتر آن‌ها را یافته بود. دانشمندان انگلیسی، به رهبری ویلیام کروکس، حدس می‌زدند که این پرتوها ذرات فوق‌العاده ریزی‌اند. به مرور زمان، شواهد و مدارک فراهم آمد، به نحوی که سرانجام فقط یک پاسخ ممکن بود.

کشف کلیدی (و این کشف مدتی بود که شناخته شده بود) عبارت بود از آن‌که معمولاً مسیر مستقیم پرتوهای کاتدی را اثر مغناطیسی خم می‌کند. درخشانی دیواره‌های لوله با نزدیک کردن آن به یک آهنربا واپیچیده می‌شد. آهنرباها فقط بر سایر آهنرباها تا تکه‌های آهن (که اصلاً در اینجا وجود نداشتند)، و جریان‌های الکتریکی (**۱۸۲۰ ارستد**)، تأثیر می‌گذارند. به این ترتیب پرتوهای کاتدی باید شبیه یک جریان الکتریکی، یعنی ذرات باردار در حال حرکت، باشند. نور و شکل‌های مشابه تابش را آهنرباها متأثر نمی‌کنند، به طوری که به عنوان استثنا کنار گذاشته شدند.

آرتور شوستر، همکار کروکس، به منظور تأکید، یک لوله‌ی پرتو کاتدی با یک جفت الکترود اضافی در کنار مسیر پرتوها، ساخت. وی یکی از این الکترودها را باردار مثبت و دیگری را باردار منفی کرد. در اینجا نیز مسیر به سوی ورقه‌ی مثبت خمیده شد. از آنجا که بارهای ناهمنام یکدیگر را می‌ربایند، پاسخ واضح بود. نه تنها ذرات پرتو کاتدی باردار بودند، بلکه بار الکتریکی منفی داشتند. توجه مردم انگلیس روی این موضوع متمرکز شد. آلمان‌ها نیز آزمایش‌های مشابهی انجام دادند (دست‌کم، هرتز، کاشف امواج رادیویی در سال ۱۸۸۸، این آزمایش‌ها را انجام داد). وی هیچ

اثری نیافت، که به نظر برسد مؤید نظریه‌ی «از جنس نور بودن پرتوهای کاتدی» باشد. اما در این مورد خاص آنان در اشتباه بودند.

در سال ۱۸۹۵ حرف آخر زده شد، آن هم نه در یک آزمایشگاه بریتانیایی، بلکه از دهان ژان پرین فرانسوی، که بعداً جایزه‌ی نوبل را برایش به بار آورد. وی روشی برای گرد آوردن پرتوهای کاتدی یافت و بار الکتریکی آن‌ها را با یک الکتروسکوپ (برق‌نما) اندازه‌گیری کرد. البته، این بار منفی بود. به این ترتیب پاسخ به دست آمد. پرتوهای کاتدی عبارت‌اند از جریان ذرات باردار منفی.

حالا نوبت جی جی تامسون بود تا به ماجرا وارد شود (۱۸۹۷).

آیا کربن دیوکسید «گلخانه‌ی جهانی» را گرم می‌کند؟

۱۸۹۵ اوایل قرن نوزدهم (۱۸۲۷) نخستین نشانه‌های مباحثه‌ای مشاهده شده است، که امروزه نیز ادامه دارد. آیا فعالیت‌های انسانی اقلیم سیاره‌ی ما را تغییر می‌دهند؟ اگر گازهای موجود در جوّ گرما را به دام اندازند و سیاره‌ی ما را گرم کنند، تا حدودی شبیه به کاری که شیشه‌ی گلخانه انجام می‌دهد («اثر گلخانه‌ای»)، افزایش میزان آن گازها آن را گرم‌تر هم می‌کند. اما کدام گاز بیشترین تأثیر را می‌گذارد و آیا فعالیت‌های انسانی می‌تواند نسبت آن گاز را در جوّ افزایش دهد؟

در سال ۱۸۹۵ اسوانته آرنیوس دانشمند سوئدی (۱۸۸۴)، برنده‌ی بعدی جایزه‌ی نوبل، محاسبه کرد که پیامد عمده را کربن دیوکسید بر جای می‌گذارد. وی (گرچه در واقع نمی‌دانست) فرض کرد که فراوانی این گاز در جوّ ناشی از گسترش انقلاب صنعتی و سوزاندن انبوه ذغال سنگ، رو به افزایش است. اگر این افزایش ادامه یابد، قطعاً به گرم‌تر شدن کره‌ی زمین خواهد انجامید.

نیلز اکهولم همکار سوئدی آرنیوس از آرای او پشتیبانی کرد. در سال ۱۹۰۰ اکهولم ادعا کرد که مقدار کربن دیوکسید موجود در هوا می‌تواند دو برابر شود و این امر افزایش آشکاری در دمای متوسط کره‌ی زمین به بار خواهد آورد. اکنون بسیاری از مردم باور کرده‌اند که کره‌ی زمین گهگاهی دوره‌های سرمای شدید مشهور به عصر یخبندان (۱۸۳۶) را از سر گذرانده است. به نظر اکهولم، اگر بتوانیم مقدار کربن دیوکسیدی را که از سوختن ذغال سنگ آزاد می‌شود کنترل کنیم، گرمای افزایش یافته می‌تواند از وقوع عصر یخبندان دیگری جلوگیری کند. این استدلالی است که امروز هم آن را می‌شنویم.

کونت اندرسون سوئدی، تقریباً یکباره توازن بحث را به نفع بخار آب به عنوان مقصر اصلی، به هم زد؛ جان تیندال، فیزیکدان ایرلندی ٤٠ سال پیش‌تر در این باره استدلال آورده بود. در نتیجه، این ایده که کربن دیوکسید عامل کلیدی ماجراست دیگر از دایره‌ی توجه خارج شد. نمی‌توانیم مقدار بخار آب را در هوا مهار و کنترل کنیم؛ به تناسب دمای اقیانوس‌ها کم و زیاد می‌شود، یعنی، دمای سطح زمین و هرگونه تغییر اقلیم حاصل از آن چیزی است خارج از حوزه‌ی تأثیر ما، و فقط باید دوره‌اش را طی کند. این استدلال نیز، کماکان جاری است.

گولیلمو مارکونی و فردیناند براون: پدر رادیو و تلویزیون

۱۸۹۵ کشف درخور توجه و چشمگیر هاینریش هرتز در سال ۱۸۸۸ مبنی بر وجود نوع جدیدی انرژی تابشی، پژوهشگران را با خوشحالی در آزمایشگاه‌هایشان در سرتاسر دنیا به تکاپو واداشت تا چیزهای بیشتری بیابند. هرتز خودش پی برده بود که «امواج هرتزی» می‌توانند درست مانند نور در برخورد با آینه‌ها و منشورها بازتابیده و شکسته شوند. تمام شواهد حاکی از آن بودند که این امواج جدید همزاد نور مرئی، نور فرابنفش و تابش گرمایی‌اند، که همگی اجزای «طیف الکترومغناطیسی» جدید به‌شمار می‌آیند (۱۸۷۱). تفاوت آن‌ها فقط در طول موجشان بود؛ در حالی که طول موج امواج نور مرئی کوتاه‌تر از یک میلیونیم متر است، طول موج امواج جدید در حدود متر و حتی بلندتر است. بسامد این امواج، در قیاس با نور مرئی، بسیار پایین، چند صدهزار سیکل (چرخه) بر ثانیه (یا هرتز)، است.

حالا دیگر اذهان هوشمند برای بهبود و ارتقا بخشیدن فناوری برای تولید و آشکارسازی این امواج به کار پرداخته بودند. ادوارد براندلی در پاریس، اولیور لوج در انگلستان و ارنست رادرفورد، که هنوز زلاند نو را ترک نکرده بود، طرح‌های گوناگونی برای «آشکارساز» یا «همدوسگر»[1] ارائه شد، که دریافت این امواج را اعلام کنند. روش‌هایی مطمئن‌تر از مشاهده‌ی جرقه‌هایی که در عرض یک شکاف زده می‌شوند.

هرتز از یافتن این امواج و اثبات درستی پیش‌بینی مکسول خشنود بود اما انتظار گرفتن نتیجه‌ای مفید از آن‌ها را می‌کشید. با این نظر او موافق نبودند. مشهورترین این مخالفان گولیلمو مارکونی ایتالیایی بود. در سال ۱۸۹۵ وی دست به یک رشته آزمایش برای آشکارسازی امواج هرتزی در فواصل هرچه طولانی‌تر زد؛ ابتدا چند

1. coherer

کیلومتر، سپس (با کمک دوستان مادر انگلیسی‌تبارش) در عرض کانال انگلیس، و سرانجام در ۱۹۰۱ در دو سوی اقیانوس اطلس. وی با متوقف کردن و ارسال امواج مطابق با رمز مورس، «تلگراف بی‌سیم» را پایه‌گذاری کرد، که بعداً صرفاً «بی‌سیم» خوانده شده است، و بعداً بار دیگر آن را «رادیو» نام نهادند، انقلابی در ارتباطات داشت آغاز می‌شد.

در سال ۱۹۱۱، مارکونی جایزه‌ی نوبل فیزیک را به اشتراک فردیناند براون آلمانی دریافت کرد. در حالی که مارکونی ابزار و تجهیزات هرتز را بهبود بخشیده بود، براون روی لوله (لامپ)های پرتو کاتدی کار کرده بود، که به کشف پرتوهای ایکس (**۱۸۹۵**) و الکترون (**۱۸۹۷**) انجامید. اندود کردن جدار داخلی این لامپ با مواد شیمیایی فسفرسان تابش ناشی از الکترون‌ها را تقویت کرد؛ میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی می‌توانستند این تابش را به نقطه‌ی کوچکی محدود کنند و این نقطه را در یک صفحه (پرده) به حرکت درآورند. بر پایه‌ی این وسیله‌ی ابتدایی اما حاصل اندیشه‌ای تابناک، نوسان‌نماها (اسیلوسکوپ‌ها)، صفحات کامپیوتر و البته تلویزیون ــ وسیله‌ای درخور که دوشادوش رادیوی مارکونی شایسته‌ی افتخار است ــ سر برآوردند.

ویلهلم رونتگن: کشف تصادفی پرتوهای ایکس

۱۸۹۵ بزرگ‌ترین کشف در حوزه‌ی علم در سال ۱۸۹۵، که از میان کشف‌های آن سال چندتایی را باید برگزید، عبارت بود از شکل جدیدی از تابش، چندان نامنتظره و رازآلود که ظاهراً اصطلاح (پرتوهای X؛ پرتوهای مجهول) مناسب آن بود. این تابش را «پرتوهای رونتگن» به افتخار کاشف‌شان، ویلهلم رونتگن، نیز نامیده‌اند؛ وی استاد فیزیک دانشگاه مونیخ بود. رونتگن نخستین جایزه‌ی نوبل فیزیک را از آن خود کرد.

توجه رونتگن، مانند بسیاری کسان دیگر، به پرتوهای کاتدی (**۱۸۵٤ گایسلر**) جلب شد. این پرتوها در نتیجه‌ی تخلیه‌ی الکتریکی پر ولتاژ در داخل لوله‌ای شیشه‌ای تقریباً تخلیه شده از هوا، تولید شدند. آدم‌های گوناگونی، با دلخوری و عصبانیت، متوجه شده بودند که شیشه‌های عکاسی نگهداری شده در نزدیکی چنین «لوله‌های تخلیه‌ی الکتریکی» به نحو غیر قابل توضیحی تار می‌شوند، گویی در معرض نور قرار گرفته‌اند. رونتگن به فکر افتاد که چرا این لوله‌ها نوعی تابش نامرئی گسیل می‌کنند، بخصوص به این علت که دیواره‌های لامپ‌ها در جایی که پرتوهای کاتدی

به آن برخورد می‌کرد، می‌تابیدند. شاید این تابش می‌توانست از طریق درز بسته‌بندی شیشه‌های عکاسی به داخل نشت کند و بر آن‌ها بتابد.

در یک غروب ماه نوامبر، وی پی برد که موضوع همین است. وی پی برد که تابش به آسانی از یک پوشش ضد نور به دور لوله‌ی (لامپ) تخلیه عبور می‌کند، و ورقه‌ای پوشیده از ماده‌ی شیمیایی فلوئورسان در چندین متر دورتر را درخشان می‌کند. این یافته او را غافلگیر و شگفت‌زده کرد. پوشش قرار بود اجازه‌ی ورود نور اتاق را ندهد و به این ترتیب وی توانست نور ضعیف دیواره‌های لوله را بهتر بررسی کند. وی به ورقه‌ی تابنده از گوشه‌ی چشم نگاهی دزدانه انداخت.

پرتوهای ایکس رونتگن را ورقه‌ی نازک فلزی متوقف می‌کرد، اما می‌توانست از بافت‌های اندام آدمی عبور کند و با انرژی کافی از آن خارج شود تا تصویری روی شیشه‌ی عکاسی بر جای گذارد. نخستین «عکس پرتو ایکسی» که در تاریخ گرفته شده به دست همسر رونتگن تعلق دارد، که آشکارا استخوان‌ها و حلقه‌ای را نشان می‌دهد که بر انگشت داشت، که پیرامون آن سایه‌ای از گوشت بدنش را نشان می‌داد. این تصاویر بعداً در پزشکی و جراحی، و بعداً در مهندسی و صنایع، ارزش فوق‌العاده‌ای یافتند. لامپ‌های پرتو ایکس قوی‌تری به زودی به میدان آمدند. متأسفانه، به مخاطرات این فناوری بعداً پی بردند.

رونتگن به حق به یکی از مشهورترین دانشمندان زمان تبدیل شد. افتخارات و تمجید و تکریم‌ها به سوی او سرازیر شدند، که با اهدای جایزه‌ی نوبل فیزیک سال ۱۹۱۱ به وی به اوج رسید. وی بعد از آن هم کماکان به نحو چشمگیری کم حرف و متواضع باقی ماند، و ترجیح داد به تنهایی کار کند، و تجهیزات مورد نیازش را با دستان خویش بسازد. وی که دوستدار طبیعت و کوهنوردی جسور و با دل و جرأت بود، سرانجام در ۷۸ سالگی بر اثر ابتلا به سرطان روده درگذشت.

هنری بکرل: پرتوزایی (رادیواکتیویته‌ی) نامنتظره

۱۸۹۶ پدر و پدربزرگ هنری بکرل فیزیکدان فرانسوی محققان و استادان بنامی بوده‌اند؛ پسر خودش نیز حرفه‌ی خانوادگی را ادامه داد. با همه‌ی این‌ها، کشفی که به خاطر آن نام وی بر سر زبان‌ها افتاد، چندان نامنتظره و در ذات خودش چندان مهم و حساس بود، که عمدتاً تصادفی به‌شمار می‌آید.

کشف پرتوهای ایکس به دست ویلهلم رونتگن در سال **۱۸۹۵** دنیای علمی را به هیجان

و ولوله واداشته بود. این «پرتوهای» شگفت می‌توانستند از پشت اجسام جامد ببینند، و بسیاری انواع کانی را به تابندگی وادارند. برخی کانی‌ها، مانند کانی‌های حاوی اورانیم، پس از قرار گرفتن در معرض نور آفتاب، می‌تابیدند. بکرل تصمیم گرفت که پی ببرد این کانی‌ها چگونه به پرتوهای ایکس پاسخ و واکنش بروز می‌دهند. وی مجموعه‌ی درخور توجهی از آن‌ها را از پدر خود به ارث برده بود.

بکرل یک شیشه‌ی عکاسی و یک نمونه‌ی نمک اورانیم را لای یک کاغذ مات و تیره پیچید، و ترتیبی داد که این بسته در معرض تابش پرتوهای ایکس قرار گیرد. اگر پرتوهای ایکس این کانی را به درخشش («فلوئورسانی») می‌آوردند، فیلم بایستی از طریق نور آزاد شده، تیره می‌شد. وی یکی از شیشه‌ها را پیش از این که پرتوهای ایکس به آن برخورد کنند، ظاهر کرد، احتمالاً برای این‌که مقایسه‌ی «پیش از برخورد و بعد از برخورد» را انجام دهد. وقتی که پی برد این فیلم از قبل تیره شده بوده دچار حیرت شد؛ سایه‌ی بارزی جایی را نشان داد که نمونه‌ی اورانیم بر آن تابیده بود. از این رو حتی در تاریکی کامل، و بدون هر گونه تحریکی از جانب پرتوهای ایکس، اورانیم از خودش «پرتوهایی» گسیل می‌کرد. این امر بدون سابقه بود.

بکرل پس از کوتاه زمانی پی برد که تمام ترکیب‌های اورانیم همین رفتار را دارند، از این رو گسیل انرژی آن‌ها به خاصیت شیمیایی‌شان ربطی نداشت. شرایطی فیزیکی چون دما یا فشار هم بر این امر بی‌تأثیر بود. این تابش باید از ژرفای درون اتم‌های اورانیم سرچشمه بگیرد ــ این نخستین نگاه سریع و اجمالی به «انرژی اتمی» بود که در قرن بعدی به آن پایه‌ی رفیع ارتقا یافت.

به این پرتوهای گسیلی، به شایستگی، «پرتوهای بکرل» لقب دادند؛ بعداً آن‌ها را پرتوزایی (رادیواکتیویته) نامیدند. بکرل خواص آن‌ها را کشف کرد. وی پی برد که این عناصر باعث می‌شوند که هوا و سایر گازها رسانای الکتریسیته ــ یعنی «یونیده» ــ شوند (**۱۸۸۴**). پرتوهای ایکس هم همین کار را می‌کنند. اما این پرتوها، بر خلاف پرتوهای ایکس، تحت تأثیر آهنربا و بارهای الکتریکی قرار می‌گرفتند. از این رو از جنس نور نبودند. یک صلیب فلزی واقع در بین نمونه‌ای کانی پرتوزا و شیشه‌ی عکاسی علامت رنگ‌باخته‌تری از خود کانی بر جای می‌نهد، که نشان می‌داد این پرتوها تا حدودی جذب فلزات می‌شوند. کسان دیگری باید پیچیدگی این پرتوها را آشکار می‌کردند (**۱۸۹۹**).

بکرل به افتخارات زیادی نایل آمد. جایزه‌ی نوبل فیزیک سال ۱۹۰۳ را با ماری و پی‌یر کوری مشترکاً بردند؛ این دو نفر اخیر نیز به‌نحوی شگفت بر پایه‌ی کارهای او پژوهش کردند (**۱۸۹۸**). امروزه شدت پرتوزایی را بر حسب بکرل اندازه می‌گیرند.

جی جی تامسون و الکترون

۱۸۹۷ آزمایشگاه کاوندیش، از زمان بنیانگذاریش در سال ۱۸۷۱ در دانشگاه کمبریج تحت هدایت نوابغ اداره شده بود؛ ابتدا جیمز کلرک مکسول (**۱۸۷۱**)، که ماهیت نور را شناسانید و وجود امواج رادیویی را پیش‌بینی کرد، سپس جان ویلیام استروت (ملقب به لرد ریلی)، که علاوه بر بسیار کارهایی که کرد، در کشف گاز نادر آرگون هم سهم عمده ایفا کرد. جی جی تامسون ریاست آزمایشگاه را، بلافاصله بعد از او بر عهده گرفت، و سپس این مدیریت به ارنست رادرفورد بی‌همتا، اهل زلاند نو واگذار شد (**۱۸۹۹ پرتوزایی**)، که سرپرستی او تا دهه‌ی ۱۹۳۰ ادامه یافت.

جان جوزف تامسون وروجک را عموماً با عنوان «جی‌جی: JJ» می‌شناسند، که در سال ۱۸۸٤ در آزمایشگاه کاوندیش به کار مشغول شد. این استاد فیزیک تجربی (کاربردی) به نحو بارزی زمخت و نتراشیده نخراشیده بود؛ دستیارانش در آزمایشگاه تلاش می‌کردند او را از دست زدن به وسایل باز دارند، زیرا غالباً چیزی را می‌شکست. اما نگرش وی به کارکردهای طبیعت درخشان و تابناک بود، و به سرعت کشف‌هایی را که در جای دیگری اتفاق افتاد، مانند هاینریش هرتز که در **۱۸۸۸** امواج رادیویی و ویلهلم رونتگن که در **۱۸۹۵** پرتوهای ایکس را یافت، دنبال کرد. این تحقیقات ۱۸۹۷ تامسون در زمینه‌ی پرتوهای کاتدی اسرارآمیز بود که او را پر آوازه کرد و جایزه‌ی نوبل فیزیک ۱۹۰٦ را برایش به ارمغان آورد.

جی‌جی با سایر هم‌وطنانش، چون ویلیام کروکس، موافق بود که پرتوهای کاتدی عبارت است از جریان‌های ذرات ریز، و منفی‌بار؛ از سوی دیگر، فیزیکدانان آلمانی گمان می‌کردند این پرتوها صورت ناشناخته‌ای از نور هستند (**۱۸۹۵ رونتگن**). انگلیسی‌ها، برای اثبات دیدگاه‌های خود به حقایقی درباره‌ی جرم این ذرات (m) و یا بار الکتریکی‌شان (e)، یا دست‌کم نسبت این دو کمیت (e/m) نیاز داشتند. جی جی باریکه‌ای از پرتوهای کاتدی را همزمان از داخل یک میدان مغناطیسی و الکتریکی گسیل کرد، و آنچه را که جستجو می‌کرد و می‌خواست اندازه گرفت.

پاسخ حیرت‌آور بود. نسبت بار به جرم ذرات پرتو کاتدی ۲۰۰۰ بار بزرگ‌تر بود از نسبت مربوط به بهترین چیزی که با آن مقایسه می‌شد، یعنی یک یون هیدروژن — اتمی از سبک‌ترین عنصر شناخته شده، که یک تک بار مثبت از آن جدا شده باشد.

یافته‌ی جی جی می‌توانست به یکی از این دو معنا باشد: بار الکترون بسیار بیشتر از بار یون هیدروژن است، یا جرمش بسیار کم‌تر است. جی جی خودش به این تعبیر دوم گرایش داشت، و این گمان انقلابی را پیش آورد که «حاملان بار الکتریکی از

اتم‌های هیدروژن کوچک‌ترند»، که این حامل‌ها کوچک‌ترین اشیایی بودند که تا آن موقع شناخته شده بودند.

این جزء ریز ماده، سرانجام «الکترون» نام گرفت، که جانسون استونی فیزیکدان ایرلندی از قبل آن نام را در متن دیگری، اما خیلی مرتبط با این مبحث، ابداع کرده بود. هنوز هم چیزهای بیشتری در خصوص الکترون باید معلوم می‌شد، و جی جی در همه‌ی آن‌ها نیز دستی داشت. ◄◄ ۱۸۹۹

> *پژوهش در علم کاربردی به اصلاحات می‌انجامد، تحقیقات در علم خالص به انقلاب ختم می‌شود، و انقلاب‌ها، چه سیاسی و چه صنعتی، اگر شما در سمت برنده واقع شوید، چیزهای فوق‌العاده سودمندی‌اند.*
>
> جی جی تامسون

ماری و پی‌یر کوری: به دام انداختن رادیم

۱۸۹۸

اکثر مردم نام ماری کوری (با نام خانوادگی پدری اسکودوفسکا) را شنیده‌اند، به اکثر احتمال به این دلیل که زنی بود در دنیای مردسالار علم. اما ماری لهستانی‌تبار با هر استانداردی که سنجیده شود دانشمند بزرگی بود، و یکی از معدود کسانی که دو بار جایزه‌ی نوبل را دریافت داشته است. اولی، در سال ۱۹۰۳، به اشتراک همسرش، پی‌یر کوری، فیزیکدان فرانسوی. در آن زمان آوازه‌ی پی‌یر احتمالاً از ماری به این علت دامنه‌دارتر بود، که وی نقطه‌ی کوری را کشف کرده بود؛ این نقطه عبارت است از دمایی که هیچ ماده‌ای بالاتر از آن دما نمی‌تواند مغناطیسی شود.

جایزه‌ی نوبل ۱۹۰۳ عملاً سه قسمت شد، که نیمی از کل آن نصیب هنری بکرل فرانسوی شد، که در سال **۱۸۹٦** پدیده‌ی به تمامی نامنتظره‌ی پرتوزایی در اورانیم، سنگین‌ترین عنصر شناخته شده، را یافته بود. این کشف قدرت تخیل کوری‌ها را بیشتر برانگیخت، که در سال ۱۸۹۵ ازدواج کرده بودند، و بخصوص وقتی ماری و یکی از همکارانش پرتوزایی در توریم، عنصر سنگین دیگر، را یافتند. آنان (ماری و پی‌یر) به کاوش در کانی‌ها به جستجوی آثار پرتوزایی دست زدند، و این کار را با استفاده از توان «پرتوهای بکرل» به عنوان معیار انجام دادند که هوای معمولی را رسانای الکتریسیته می‌کرد و به این ترتیب سبب می‌شد الکتروسکوپ (برق‌نما) بار الکتریکی

ذخیره شده‌اش را از دست بدهد.

پس از زمان درازی تحقیقات بی‌ثمر، آنان سراغ کانی پیچبلند[1] غنی از اورانیم رفتند. حتی وقتی تمام اورانیم استخراج شده بود، این کانی هنوز هم پرتوزا بود، چهار بار بیشتر از خود اورانیم. پس باید عنصر پرتوزای دیگری در آن بازمانده پنهان مانده باشد. کوری‌ها به یافتن آن اقدام کردند.

سال‌های پر زحمت و سخت پس از آن آکنده از افسانه‌اند. در یک آزمایشگاه موقتی، در زمستان زَمهریر و در تابستان خفقان‌آور، آنان آهسته و با تأنی و با دشواری زیاد و مشقت از چندین تن پیچبلند چند قطعه‌ای کانی را که دنبالش می‌گشتند جدا می‌کردند. این کانی چندان شدید پرتوزا بود که در تاریکی می‌درخشید، و به این علت هم آن را رادیم نامیدند. کوتاه زمانی پس از آن عنصر پرتوزای دیگری را یافتند، و به افتخار وطن ماری، آن را پلوتونیم نامیدند. کشف این عناصر پرتوزا ارزش دریافت جایزه‌ی نوبل را داشت.

در ضایعه‌ای بس دردناک برای ماری و کل علم، پی‌یر کوری در سال ۱۹۰۶ در یکی از خیابان‌های پاریس به زیر کالسکه رفت و کشته شد، در حالی که فقط ۵۱ سال از عمرش سپری می‌شد. ماری پس از مرگ شوهرش بر آن شد که به کار ادامه دهد، در حالی که پیشگام کاربرد رادیم برای درمان بیماری‌هایی چون سرطان شد، و جایزه‌ی دوم نوبل را هم دریافت کرد. ◄◄ ۱۹۱۱

مارتیوس بئیرینک: نخستین ویروس‌ها

۱۸۹ «بیماری موزائیک توتون» را به این علت چنین خوانده‌اند که نقش مشخصی بر برگ‌ها بر جای می‌نهد، و بسیاری از گیاهان، از جمله گوجه فرنگی، فلفل قرمز، فلفل دلمه‌ای، و انواع کاهوها، جز توتون، را گرفتار می‌کند. از این رو از دیرباز مرکز توجه سبزیکاران و دانشمندان دوستدار آن‌ها بوده است.

مارتیوس بئیرینک هلندی موجوداتی ذره‌بینی چون باکتری‌ها و قارچ‌هایی را که در خاک زندگی می‌کنند مطالعه کرد و اثر آن‌ها را بر نباتات، از جمله گسترش بیماری، کاوید. در سال ۱۸۹۸ به جستجوی علت بیماری موزائیک توتون پرداخت. وی مقداری از مایع را با چلاندن یک برگ مبتلا از آن خارج، و تلاش کرد موجودات ذره‌بینی را که حدس می‌زد در آن باشند جدا و آن‌ها را بررسی کند. واضح بود که

---

۱. pitchblend، کانی محتوای اورانیم، رادیم و ....

علت بیماری چیزی بسار ریزتر از یک یاخته‌ی باکتری یا قارچ بود. بئیرینک «این مایع واگیردار زنده‌ی» خود را حاوی «ویروس قابل پالایش» نامید، که از واژه‌ای لاتین به معنای «سم» آن را برگرفته بود. بخش قابل پالایش آن بعداً حذف شد.

کشف وی مناقشه‌انگیز بود. تحقیقات قرن نوزدهم آشکارا نشان داده بود که موجودات زنده از یاخته‌های کامل تشکیل می‌شوند (۱۸۳۸) و «یاخته‌ها از یاخته‌ها به وجود می‌آیند». وقتی بئیرینک پی برد که می‌تواند این ویروس‌ها را فقط در درون گیاهان زنده رشد دهد، و نه بر ورقه‌های ژلاتینی که از طریق کلنی‌های باکتری‌ها و قارچ‌ها میسر می‌شد، این تصویر را مخدوش‌تر کرد. به این ترتیب ویروس‌های او زنده بودند اما شاید فقط جزئی زنده. این‌ها را، با این همه کوچکی و ریزی، سالیان سال نمی‌توانستند مستقیماً ببینند، و مدت‌های درازی سپری شد تا اسرار آن‌ها فاش شد. از آن پس، ویروس‌ها (و نه باکتری‌ها) در حکم عامل تعدادی از بیماری‌های انسانی و جانوری، از جمله بیماری‌های مربوط به پا و دهان، مانند فلج اطفال و آبله، شناخته شدند.

بئیرینک اندکی از زندگی حرفه‌ای بلندآوازه‌اش را درحوزه‌ی تحقیقات راجع‌به ویروس‌ها سپری کرد. قسمت عمده‌ی تلاش و جهدش صرف کار و پژوهش در این زمینه شد که گیاهان چگونه نیتروژن مورد نیازشان را دریافت می‌کنند و پروتئین می‌سازند. دانسته شده بود که گیاهان موسوم به «گیاهان علوفه‌ای تیره‌ی نخود یا حبوبات» (مثلاً، نخود و نخود سبز، انواع لوبیا، شبدر) می‌توانند به نحوی نیتروژن را «تثبیت کنند»، که عبارت است از گرفتن نیتروژن از هوا و ساختن ترکیب‌هایی به نام نیترات که سپس نیتروژن را برای سایر گیاهان مهیا می‌کند. این «تثبیت» در غده‌های ریشه‌ی گیاهی اتفاق می‌افتند و بئیرینک بود که ثابت کرد غده‌ها جایگاه باکتری‌های خاصی‌اند که واقعاً آن‌ها این کار را انجام می‌دهند. سایر باکتری‌ها وظیفه‌ی «نیترات‌زدایی» را بر عهده دارند، که نیتروژن را از نیترات‌های خاک آزاد می‌کنند. به این ترتیب موجودات ذره‌بینی (ریزاندامگان‌ها) نقشی حیاتی در چرخه‌ی نیتروژن طبیعت ایفا می‌کنند.

ویلیام رمزی: مابقی گازهای نادر

۱۸۹۸

کشف گاز نادر آرگون در سال ۱۸۹٤ دستاورد مشترک بزرگ ویلیام رمزی و لرد ریلی (جان ویلیام استرات)، پژوهشگران انگلیسی، بود. این یافته برای

هر کدام از این دو یک جایزه‌ی نوبل به ارمغان آورد.

در نزد رمزی، این کشف پایان ماجرا نبود. در سال ۱۸۹۵ گازی را شناسایی کرد که برخی پژوهشگران آمریکایی آن را در کانه‌ی اورانیم یافته بودند. این گاز هلیم از کار درآمد، که قبلاً بر روی زمین ناشناخته بود اما این نام به این علت به آن داده شد که از طریق تجزیه‌ی نور خورشید یافته شده بود (**۱۸٦۸ لاکیر و ژانسن**). هلیم، مانند آرگون، «بی‌اثر» بود: علیرغم گذراندن فلزات داغ سرخ، مواد شیمیایی قوی و جرقه‌های الکتریکی از داخل آن، با سایر عناصر میل ترکیبی نداشت و ترکیب‌هایی تشکیل نمی‌داد.

رمزی با نگاهی به جدول تناوبی جدید دیمتری مندلیف (**۱۸٦۹**)، حدس زد که هلیم و آرگون دو عضو یک خانواده‌ی جدید از عناصرند. رمزی، به کمک همکارانش در دانشگاه لندن موشکافانه و با زحمت زیاد هوای مایع را تقطیر می‌کرد، و تا سال ۱۸۹۸ سایر خواهر برادرها را یک به یک یافت: نئون (یعنی، گاز «جدید»)، گزنون (یعنی، «بیگانه») و کریپتون (یعنی، «پنهان). این‌ها همگی در کنار هم گازهای «نادر» یا «نجیب» یا «بی‌اثر و خنثی» را تشکیل می‌دهند. هر کدام وقتی در «لامپ تخلیه» به درخشیدن واداشته می‌شود، رنگ‌ها و خطوط طیفی خاص خود را دارد (**۱۸٤۵ گایسلر**). در مورد نئون، این امر مایه‌ی اشتهار آن است، که نشان مشخصه‌اش تابلوهای نئون است.

پدیده‌ای غیرعادی در نامگذاری این عناصر وجود دارد. نام همگی، جز یکی، به «on» ختم می‌شود؛ هلیم مورد استثنایی است. وقتی این عنصر فقط از طریق خطوطی شناخته شد که در طیف خورشید درست می‌کرد، انتظار می‌رفت که یک فلز باشد. نام فلزات معمولاً به «یوم» (ium) یا «یم» (um) ختم می‌شود، مانند سدیم یا منیزیم (یا حتی «فروم» و «پلومبوم»، به نام لاتین آهن و سرب). وقتی هلیم را در کره‌ی زمین یافتند و ثابت شد که فلز نیست، نامش باید به «هلیون» تغییر می‌یافت، اما احتمالاً بسیار دیر شده بود.

چند پانوشت برای این داستان: خنثی یا بی‌اثر بودن تمام این عناصر از موضوع ظرفیت (ولانس) آن‌ها ناشی می‌شود. والانس به معنای «قدرت ترکیبی» است. از آنجا که این عناصر ترکیب نمی‌شوند (میل ترکیبی ندارند)، عملاً دارای ظرفیت یا والانس «صفر»ند، در حالی که والانس یا ظرفیت هر عنصر دیگری، از یک تا چهار (یا حتی تا هفت) تغییر می‌کند. والانس (ظرفیت) صفر نیاز به توضیح داشت (**۱۹۲٦ بور**).

خانواده‌ی گازهای نادر چند سالی بعد با کشف یک گاز بی‌اثر پرتوزا («رادون»)

تکمیل شد، که این گاز از اورانیم و رادیم گسیل می‌شد. سپس، در سال ۱۹۰۳، رمزی پی برد که عنصر به تازگی جدا شده‌ی رادیم (**۱۸۹۸**) نیز گازی از خود گسیل می‌کند. این گاز هم هلیم از آب درآمد، و پاسخ به معمای «ذرات آلفا»ی گسیلیده به وسیله‌ی تعدادی عنصر پرتوزا (**۱۸۹۹ پرتوزایی**)، داده شد. دریچه‌های دنیای درون اتم در آستانه‌ی گشوده شدن بود.

جی جی تامسون: ژرف‌تر به درون اتم

۱۸۹۹ جان جوزف (جی جی) تامسون، فیزیکدان دست و پا چلفتی، اما تابناک، انگلیسی پس از سال **۱۸۹۷** که ثابت کرد پرتوهای کاتدی ذره (الکترون)اند، آرام ننشست. هنوز هم معماهای دیگری باید گشوده می‌شد. نسبت بار الکترون به جرمش (e/m) ۲۰۰۰ برابر اتم هیدروژن با بار مثبت («یون») بود. این می‌توانست به معنای این باشد که (الف) بار الکترون ۲۰۰۰ برابر بار یون است، یا (ب) جرم آن یک دو هزارم، یا (ج) ترکیب و تلفیقی از این دو.

جی جی مطمئن بود که مورد (ب) صحیح است، اما نیاز به اثبات داشت. یکی از همکارانش در آزمایشگاه کاوندیش کمبریج یک «اتاقک چگالش» ساخت، پر از هوای نمناک، آماده‌ی چگالیدن و تبدیل شدن به «قطره‌های باران». جی جی شکل قطره‌هایی را از طریق عبور پرتوهای ایکس از میان اتاقک ساخت تا به برخی اتم‌های هوا بار منفی می‌داد (یعنی، «یونیدن» هوا). یون‌های هوا به قطره‌های آب متصل می‌شدند، و به این ترتیب قطره‌ها نیز باردار می‌شدند. جی جی یک رشته مراحل را طی کرد تا کوچک‌ترین مقدار باز روی قطره را بیابد. وی به پاسخی که انتظارش را داشت رسید. کوچک‌ترین جزء الکتریسیته‌ی منفی که می‌توانست بیابد، که معتقد بود نمایانگر یک تک الکترون است، به همان اندازه‌ی بار مثبت یک یون هیدروژن بود. موارد (الف) و (ج) از میدان به در شدند، و مورد (ب) باقی ماند. الکترون واقعاً در قیاس با اتم ریز بود.

تامسون به یک نتیجه‌ی تصورناپذیر هدایت شد: «در الکتریسیته‌ی منفی، چیزی داریم که مستلزم شکافته شدن اتم است». اگر چنین باشد، همان نام «اتم»، مشتق از واژه‌ای یونانی به معنای «غیرقابل تقسیم»، غلط از کار درآمد.

حالا دیگر الکترون‌ها همه جا پیدایشان می‌شد: به عنوان پرتوهای کاتدی، که برای نخستین بار آنجا یافته شدند؛ المان‌های لامپ‌های روشنایی توماس ادیسون را داغ و

ملتهب می‌کردند (**۱۸۸۲**)؛ از طریق اثر فوتوالکتریک از فلزات برمی‌خاستند (**۱۹۰۵**)؛ جرقه‌ها و جریان‌های الکتریکی را برقرار می‌کردند؛ و به صورت ذرات بتای نویافته از اتم‌های پرتوزا بیرون می‌جهیدند (**۱۸۹۹ پرتوزایی**).

جی جی تامسون، برای این‌که این الکترون‌های همه جا حاضر را در طرح طبیعت جای دهد، از یک قیاس ساده، «کیک کشمشی»، استفاده کرد که محبوب مردان انگلیسی طبقه‌ی متوسط مثل خودش بود. اتم مانند کل آن کیک بود، ترکیبی از «ماده‌ی» مثبت‌بار، با الکترون‌هایی فرو رفته در آن مانند همان کشمش‌ها. این الکترون‌ها به راه‌های فراوانی می‌توانستند از کیک رها شوند: با اصطکاک (مانند مورد الکتریسیته‌ی ساکن)، از طریق کنش شیمیایی (در باتری‌ها)، با نور (اثر فوتوالکتریک)، با گرما (در لامپ‌های روشنایی) و از طریق قدرت و توان پرتوزایی.

«اتم کیک کشمشی» تامسون تمام نکات و حقایق دانسته شده را توضیح می‌داد؛ برای مدت کوتاهی حقاً به کانون صحنه آمد. اما همه چیز به سرعت در حال تغییر بود، و تا سال **۱۹۰۹** چالشگران جدی پای بر میدان نهادند. **◄◄ ۱۹۰۷**

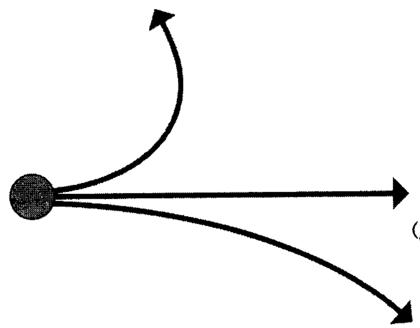
این چیزی که آن را پرتوزایی می‌نامند، چیست؟

۱۸۹۹ مقدر بود که ارنست رادرفورد نیوزلندی‌تبار به یکی از بزرگ‌ترین دانشمندان زمانه‌ی خودش (یا همه‌ی دوران) تبدیل شود که در سال ۱۸۹۷ در نیمه‌ی سال‌های بیست عمرش بود. اما او همان موقع در کنار جی جی تامسون و سایر چهره‌های برجسته در آزمایشگاه نوسازی شده‌ی کاوندیش در کمبریج انگلستان داشت کار می‌کرد. جی جی همیشه گوش به زنگ بود تا کشف‌هایی را پی گیرد که در جاهای دیگری تحقق یافته بودند. سال قبل، هانری بکرل در پاریس پرتوهای نامنتظره‌ی انرژی گسیلی از اورانیم را یافته بود (۱۸۹۶). پی‌یر و ماری کوری (۱۸۹۸)، نیز در پاریس، پدیده‌ی پرتوزایی (رادیواکتیویته) را نامگذاری کردند. تامسون رادرفورد را برگمارد تا ماهیت این پرتوها را پیدا کند. وی چندین سال روی این کار مشغول بود.

پرتوزایی پیچیده‌تر از آن‌که در ابتدا به نظر می‌رسید، از کار درآمد. بیشتر از یک نوع پرتو وجود داشت. رادیم که پی‌یر و ماری کوری آن را در **۱۸۹۸** یافته بودند، نوع «نرم» پرتو را بیرون می‌داد که تکه‌ای کاغذ یا مسافت دو سانتی‌متری هوا می‌توانست آن را متوقف کند. اورانیم تابش «سخت» را تولید می‌کرد که بسیار نافذتر بود. رادرفورد نوع اول را «آلفا» و نوع دوم را «بتا» نام نهاد. در ظرف دو سال شکل

سوم تابش، باز هم نافذتر، به وسیله‌ی پل ویلارد، فیزیکدان فرانسوی، یافته شد. طبعاً، این نوع سوم را «گاما» نامیدند.

پژوهشگرانی دیگر، از جمله خود بکرل، پای به میدان نهادند. ثابت شد که میدان‌های مغناطیسی راه دیگری برای منظم کردن این پرتوهاست؛ در این میدان پرتوهای آلفا به یک سو خم می‌شدند، پرتوهای بتا به سوی دیگر. از این رو این پرتوها، تقریباً به طور قطعی، جریان‌های ذرات باردار بودند، که بار ذرات آلفا مثبت و بار ذرات بتا منفی بود. تا سال ۱۹۰۰ بکرل ثابت کرده بود که پرتوهای بتا با «ذرات پرتو کاتدی» یکسان‌اند، یعنی جریان‌های الکترون‌اند. پرتوهای گاما اصلاً از اثر مغناطیسی متأثر نمی‌شدند، و از این رو آشکارا ذرات باردار نبودند. این پرتوها شکلی از تابش الکترومغناطیسی ــ شبیه به پرتوهای ایکس، اما بسیار قوی‌تر ــ از کار درآمدند.



در این نمودار، سه شکل پرتوزایی در عبور از یک میدان مغناطیسی، که جهت آن عمود بر صفحه‌ی کاغذ است، نمایش داده می‌شوند. الکترون‌های منفی‌بار (ذرات بتا) به تندی به یک جهت خمیده شده‌اند. هسته‌های هلیم (ذرات آلفا) با بار مثبت و بسیار سنگین‌تر در جهت دیگری خم شده‌اند، اما زاویه‌ی خمش آن‌ها کوچک‌تر است. پرتوهای گاما (شبیه به پرتوهای ایکس) بدون تغییر مانده‌اند و میدان مغناطیسی بر آن‌ها تأثیری ندارد. پرتوهای آلفا کم‌ترین انرژی را دارند و متوقف کردن‌شان آسان است؛ پرتوهای گاما در میان این سه نوع پرتو، از همه شدیدتر و قوی‌تر است.

شناخت ماهیت ذرات آلفا مدت بیشتری طول کشید، اما سرانجام رادرفورد به این کار موفق شد. سرنخ‌های اولیه‌ای در دست بود. وقتی هلیم، «گازی که از خورشید بیرون می‌زد» (۱۸٦۸)، برای نخستین بار بر روی زمین یافته شد، با یک کانی اورانیم درآمیخته بود. تا سال ۱۹۰۳ هلیم را در هر ترکیبی حاوی رادیم یافتند. رادرفورد در سال ۱۹۰۹ (پس از آن که جایزه‌ی نوبل را دریافت کرده بود) این شکار را تکمیل کرد. وی گازی را به نام رادون جمع‌آوری کرد که تابش آلفا را در یک لوله‌ی شیشه‌ای گسیل می‌کرد، و با عبور الکتریسیته از آن این شیشه درخشان می‌شد. طیف این نور دقیقاً مانند طیف ناشی از هلیم بود.

به این ترتیب ذرات آلفا اتم‌های هلیم بودند که یک جفت الکترون از آن خارج شده بود. اگر جی جی تامسون خیال کرده بود که آزاد شدن الکترون‌ها مستلزم «شکافتگی اتم» است (۱۸۹۹)، سپس با پرت شدن ذرات آلفای ۸۰۰۰ بار سنگین‌تر به بیرون، تجزیه به طور کامل انجام می‌شود. ما در ابتدای راه کاوش در رویدادهای قدرتمندی بودیم که همواره در اعماق قلب ماده در جریان‌اند، که فهمی از آن به موقع خود پیامدهای پر دامنه‌ای به بار خواهد آورد. ◄◄ **۱۹۰۳ رادرفورد**

لرد کلوین: فهم اشتباه

۱۹۰۰ لرد کلوین، فیزیکدان انگلیسی، با نام زمان تولد ویلیام تامسون، مردی بسیار هوشمند و بی‌گمان یکی از تأثیرگذارترین دانشمندان زمان خودش بود (۱۸٤٦). اما خطاناپذیر و همه چیزدان یا علامه‌ی دهر نبود. هیچ دانشمندی هم چنین نیست. در واقع، کلوین برخی بیانات اقتدارگرایانه ابراز داشت که اگر از هر آدم کوچک‌تری سر می‌زد، تمامی وجهه و اعتبارش نابود می‌شد.

کلوین هرگز در خودش یا در علم فیزیک‌اش فاقد اعتماد به نفس نبود. مشهور است که یک بار اعلام کرد: «در علم فقط فیزیک وجود دارد، بقیه صرفاً جمع‌آوری تمبرند». شاید شگفت‌آور نباشد که او بارها چیزهایی از این دست حرف‌ها گفته باشد: «رادیو آینده‌ای ندارد»، «پرتوهای ایکس حقه و کلک از آب در خواهند آمد»، و «ما هرگز در ماشین‌های سنگین‌تر از هوا پرواز نخواهیم کرد». این بیانات جملگی خطای او در مورد عمر کره‌ی زمین را تحت‌الشعاع قرار دادند (۱۸٦۲)؛ این یکی را دست‌کم می‌توان بر او بخشید، زیرا پرتوزایی (که آهنگ سرد شدن زمین را کند می‌کند) هنوز هم کشف نشده بود. اما، وی در پیش‌بینی‌هایش تنها نبود. هاینریش هرتز، کاشف امواج رادیویی (۱۸۸۸)، در این‌که این امواج زمانی ارزش عملی پیدا کنند، دچار تردید بود.

موردی به یاد ماندنی از این قرار است که کلوین در یک همایش علمی در سال ۱۹۰۰ اعلام کرد که کار فیزیک به انجام رسیده است: «چیز جدیدی در فیزیک وجود ندارد که قرار باشد کشف شود. همه‌ی آنچه که باقی مانده عبارت‌اند از اندازه‌گیری هر چه دقیق‌تر». آلبرت مایکلسون آمریکایی (۱۸۸۷) یک بار حرفی شبیه این بر زبان آورد؛ به نظر وی تنها پیشرفت در علم فیزیک عبارت خواهد بود از بهبود بخشیدن مکان اعشار ششم. این اظهار نظری بود که بعداً از ابراز آن پشیمان شد.

باید اذعان کرد که، کلوین توجه مخاطبانش را به «دو ابر تیره» در افق جلب کرد، ابرهایی که احتمالاً فکر می‌کرد دو شکست کامل را باز خواهند نمود. یکی از این ابرها ناکامی مایکلسون و همکارش ادوارد مورلی در آشکارسازی وجود اتر بود (۱۸۸۷)؛ دیگری عبارت بود از ناپیدایی «فاجعه‌ی فرابنفش» احتمالی (**۱۹۰۰ پلانک**). و این دو ابر چه توفانی به پا کردند. اولی راه را برای نظریه‌ی نسبیت خاص آلبرت اینشتین گشود (**۱۹۰٤**)؛ ثمره‌ی دیگری فیزیک کوانتومی بود (**۱۹۰۵**). این دو اتفاق بنیان‌های فیزیکی را لرزانید که کلوین آن را به خوبی می‌شناخت.

ماکس پلانک: انرژی تکه تکه است

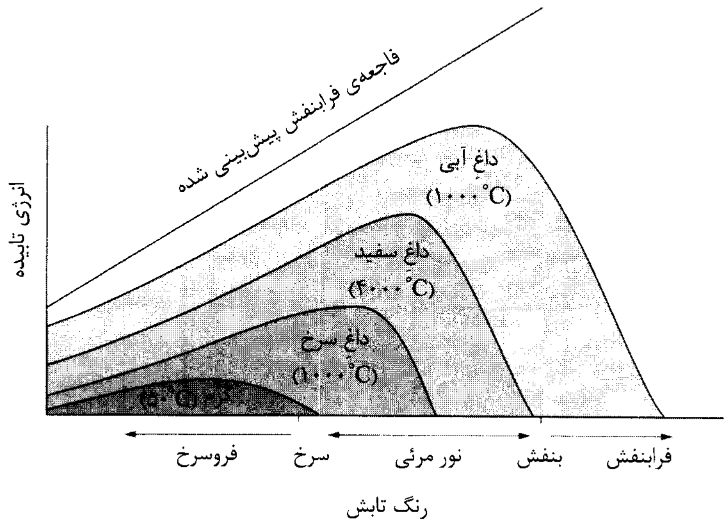
۱۹۰۰

در اواخر قرن نوزدهم، وقتی فیزیکدانان در یافتن چیزی ناکام ماندند که بنا بر نظریه‌هایشان باید وجود داشته باشد، گیج و حیران شدند. این پدیده‌ی غایب «فاجعه‌ی فرابنفش» بود و عدم حضورش فیزیک را به آشوب و اغتشاش سوق داد. محاسبات جدید مبتنی بر قوانین پذیرفته شده‌ی فیزیک اقتضا می‌کرد که هر شیء داغی، مانند یک تکه چوب مشتعل، باید قسمت اعظم انرژی‌اش را به صورت نور فرابنفش سوزان به بیرون پرتاب کند، که هر کسی را که به آن بنگرد کور کند و بسوزاند. با همه‌ی این‌ها، چنان‌که می‌دانیم، این انرژی با طمأنینه‌ی بیشتری به صورت گرمای تابشی نامرئی و نور مرئی ظاهر می‌شود، و با اندازه‌گیری دقیق قوانینی به دست آمد که رها شدن این انرژی را تحت کنترل درمی‌آوردند. هیچ فاجعه‌ای اصلاً اتفاق نمی‌افتد.

چرا پژوهشگران انتظار یک فاجعه‌ی فرابنفش را داشتند؟ اجاق یا کوره‌ای را فقط با یک دریچه‌ی کوچک برای نگریستن به داخل آن تصور کنید (فیزیکدانان این کوره یا اجاق را «کاواک» می‌نامند). با بالا رفتن دما، انرژی در شکل «امواج نور» از انواع گوناگون و با طول موج‌های مختلف شروع به جریان یافتن به جلو و عقب می‌کند؛ گستره‌ی این طول موج‌ها از نور فروسرخ با طول موج بلند (**۱۸۰۰ هرشل**)، تا رنگ‌های

گوناگون نور مرئی و تا حتی امواج فرابنفش بسیار کوتاه (۱۸۰۲) را در بر می‌گیرد.

در جریان نامشخص تابش، برخی امواج انرژی از امواج دیگر قوی‌ترند. این‌ها «امواج ایستاده» خواهند بود، که طول موجشان به دقت در پهنای کاواک چند باری منطبق می‌شود. اثر «باریتون حمام»[1] را در نظر می‌گیریم. وقتی زیر دوش آواز می‌خوانید، یعنی نت‌ها از نت‌های دیگر خیلی بالاترند، گویی با حمام تشدید می‌شوند. امواج صوت برای این نت‌ها دقیقاً یک یا چند بار بین دیوارهای حمام شما منطبق می‌شوند؛ این‌ها همان «امواج ایستاده» هستند.



چهار «منحنی تابش» پایین‌تر جمع‌بندی آن چیزی‌اند که برای نخستین بار در اواخر قرن نوزدهم اندازه‌گیری شد. هرچه جسمی داغ‌تر می‌شود، انرژی بیشتری از خود بیرون می‌دهد، اما «رنگ» این تابش هم تغییر می‌کند. یک شیء گرم عملتاً انرژی فروسرخ کم بسامد می‌تاباند و از این رو در تاریکی نامرئی است. در دماهای بالاتر، در بسامدهای بالاتری هر چه بیشتر تابش می‌کند، که به نوبت «داغ سرخ»، «داغ سفید» و حتی «داغ آبی» می‌شود.
خط بالایی آن چیزی را نشان می‌دهد که فیزیکدانان آن زمان انتظار داشتند آن را بیابند ـــ بالا رفتن دائمی سهمی از انرژی که به صورت بنفش بسیار پر بسامد و نور فرابنفش می‌تابد. اما این «فاجعه‌ی فرابنفش» از نموده شدن امتناع کرد. در تمام حالت‌ها و مراحل، طیف به یک اوج رسید (فقط بسته به دما و نه عناصر تشکیل دهنده‌ی جسم) پیش از کاهش یافتن و رسیدن به صفر باز هم در بسامدهای بالاتر.

1. Bathroom bariton

هر موج ایستاده‌ای عدد صحیحی از طول موج‌هاست. هرچه طول موج‌های انرژی تابشی کوتاه‌تر (یا بسامدهای آن بالاتر) باشند (رفتن به عقب کوره یا اجاق) امواج ایستاده‌ی گوناگون‌تری تشکیل خواهند شد، برای آبی بیشتر از سرخ، و باز هم بیشتر برای فرابنفش. بنا بر قانون همپاری انرژی (**۱۸۶۸ گازها**)، هر یک از امواج ایستاده باید یک سهم مساوی از انرژی موجود را حمل کند. به این ترتیب امواج نور آبی انرژی بسیار بیشتری را حمل می‌کنند (زیرا امواج ایستاده‌ی ممکن بیشتری وجود دارد) و فرابنفش حتی انرژی بیشتری حمل می‌کند. در واقع قسمت اعظم انرژی را باید تعداد زیادی امواج ایستاده‌ی همراه با نور فرابنفش حمل کنند. «فاجعه‌ی فرابنفش» پیش‌بینی شده از این قرار بود.

ثابت پلانک

این عدد بین انرژی حمل شده به وسیله‌ی یک فوتون یا «کوانتوم نور» و بسامد تابش الکترومغناطیسی مربوطه، ارتباط برقرار می‌کند. این عدد فوق‌العاده کوچک است، به طوری که انرژی یک فوتون نور مرئی با بسامد یک هزار میلیون میلیون چرخه (سیکل) بر ثانیه (هرتز) یک میلیون میلیون میلیونیم یک ژول است. پرتوهای ایکس و پرتوهای گاما با بسامد خیلی بالاتری که دارند، حامل انرژی بیشتری‌اند.

این اتفاق نیفتاد. هیچ نشانی هم از آن هویدا نشد. اما آنطور که بعداً دانسته شد، برای فیزیک فاجعه‌ای پیش آمد. قسمتی از فیزیک قرن نوزدهم باید غلط، یا دست‌کم ناقص، بوده باشد، پژوهشگران برای یافتن پاسخ تقلا می‌کردند. جسورانه‌ترین پیشنهاد را ماکس پلانک، فیزیکدان آلمانی مطرح کرد. به گفته‌ی او، مسئله به روالی مربوط می‌شد که انرژی بین امواج ایستاده مبادله می‌شود تا به هر یک از آن‌ها سهمی مساوی از انرژی بدهد. از نظر پلانک، انرژی مانند آب، قطره قطره مبادله نمی‌شود، بلکه مبادله‌ی آن به صورت سطل پُر است. کوچک‌ترین مقدار مجاز انرژی، یک «کوانتوم»، وجود دارد که می‌تواند انتقال یابد.

نکته‌ی مهم، اندازه‌ی سطل است که باید پر باشد تا، بسته به بسامد تابش، مبادله شود. کوانتوم انرژی برای نور آبی بزرگ‌تر از این کوانتوم برای نور قرمز (سرخ) است،

و برای فرابنفش باز هم بزرگ‌تر است. در بسیاری موارد، انرژی کافی فراهم نیست تا سطل‌های فرابنفش گوناگون را پر کند و از این رو آن امواج ایستاده هرگز انرژی دریافت نمی‌کنند. به این ترتیب، هیچ فاجعه‌ی فرابنفشی پیش نمی‌آید. فیزیک نجات پیدا کرد.

پلانک انرژی را صرفاً چیزی تلقی می‌کرد که قبلاً در جایگاه ماده یا بار الکتریکی بود. کوچک‌ترین واحد ممکنی برای این کمیت‌ها ــ اتم و الکترون ــ وجود داشت. اکنون «اتم انرژی» هم پای بر میدان نهاده بود. این گامی سرنوشت‌ساز به پیش بود. کوانتوم‌های انرژی پلانک فوق‌العاده ریز بودند، و ما معمولاً توجه نمی‌کنیم که انرژی فقط به صورت بسته‌هایی با اندازه‌ی معین وجود دارد. اما برای هر چیز کوچکی چون اتم، این آثار چشمگیر و درخور توجه است. این شناخت ما را به آستانه‌ی دنیای شگفت و باورنکردنی فیزیک کوانتومی می‌رساند. آلبرت اینشتین نخستین کسی بود که آن دروازه را گشود (**۱۹۰۵**).

> *هر نوآوری علمی مهم به ندرت از طریق پیروزی تدریجی بر مخالفانش و تغییر دادن آرای آن‌ها راهش را می‌گشاید. اتفاقی که می‌افتد از این قرار است که مخالفانش به ندرت از پای درمی‌آیند، و نسل جدید و رو به رشد از همان آغاز با این ایده‌ها آشنا می‌شوند.*
>
> ماکس پلانک

می‌ارزد که به یاد بسپریم در زمانی که این محاسبات انجام می‌شد، در میان شکل‌های شناخته شده‌ی انرژی تابشی نور فرابنفش کوتاه‌ترین طول موج را داشت. پس از کوتاه مدتی پی بردند که پرتوهای ایکس (**۱۸۹۵**) انرژی تابشی است که طول موجش از طول موج نور فرابنفش کوتاه‌تر است، و پرتوهای گاما (**۱۸۹۹ پرتوزایی**) طول موج باز هم کوتاه‌تری دارند. اگر آن موقع فیزیکدانان این مباحث را می‌دانستند، باید به جستجوی «فاجعه‌ی پرتو ایکس» یا «فاجعه‌ی پرتو گاما» می‌پرداختند. آنان اگر این کار را می‌کردند، هنوز هم چیزی نیافته بودند.

گرگور مندل از سردسیر می‌آید

۱۹۰۰

«کشف همزمان»، اصلاً در علم و فناوری نامعمول نیست. به موارد بسیاری رویداد بر می‌خوریم که در آن‌ها پژوهشگران، که مستقل از هم کار می‌کنند، کمابیش به طور همزمان به ایده یا نوآوری مشابهی رسیده‌اند. مثلاً، مایکل فاراده و ژوزف هنری هر دو القای الکترومغناطیسی را در سال **۱۸۳۱** کشف کردند؛ چارلز داروین (**۱۸۵۹**) و آلفرد والاس (**۱۸۵۸**) هر دو ایده و نظرهایشان را درباره‌ی تکامل از طریق انتخاب طبیعی به طور همزمان منتشر کردند. الکساندر بل و الیشا گری به طور همزمان و در یک روز در سال ۱۸۷۶ به دفتر دولتی مربوطه گام نهادند تا حق اختراع تلفن را به نام خود ثبت کنند. به نظر می‌رسد بعضی اکتشافات هستند که «وقتشان فرا رسیده بود».

مورد مربوط به سال ۱۹۰۰ خاص است، زیرا در این سال سه دانشمند مستقل از هم مشغول کار بودند: هوگو دِوریس هلندی، کارل کورنز آلمانی و اریش چناک اتریشی. این سه نفر گیاه پرورش می‌دادند، و گرده‌افشانی نامستقیم دودمان‌های مختلف را انجام می‌دادند که قوانینی را وضع کنند که بر وراثت و خصوصیات ارثی مشخصه‌های گوناگون حاکم باشند. آنان به نتایج بسیار مشابهی رسیدند.

شگفتی واقعی وقتی پیش آمد که آنان به جستجوی «نوشته‌ها و کتاب‌ها» پرداختند، کاری که هر دانشمندی باید انجام دهد، تا ببینند آیا کس دیگری قبلاً به چنین کشفی نایل آمده یا خیر. هر سه پی بردند که کس دیگری ــ راهبی اتریشی به نام گرگور مندل ــ نیز به این کشف نایل آمده است. در سال **۱۸۶۵** وی نتیجه‌ی ده‌ها هزار گرده‌افشانی نامستقیمی را که در باغ صومعه‌ی خود انجام داده بود، منتشر کرده بود. یافته‌های او، که جزئی از شبکه‌ی علمی نبود، نادیده انگاشته و فراموش شده بود.

این نوشته‌ها اکنون بازخوانی شده و سه دانشمند پیشگام در این حوزه به پشتیبانی آن برخاسته بودند. مندل مطرح کرده بود که مشخصه‌های گوناگون، مانند کوتاهی و بلندی قامت گیاهان یا صافی و چروک‌خوردگی دانه‌ها، از طریق «بسته‌های» جداگانه‌ی اطلاعات ژنتیکی به نسل بعد منتقل می‌شوند. مندل این بسته‌ها را «عامل» نامید. مدتی بعد از سال ۱۹۰۰، نام آن را به «ژن» تغییر دادند. دانشمندان گوناگونی مدعی ابداع این کلمه‌اند: دِوریس، والتر ساتون آمریکایی و ویلهلم یوهانسن دانمارکی. این موضوع واقعاً اهمیتی ندارد. این واژه به هر طریقی به زبان راه یافته است؛ گام بعدی عبارت بود از یافتن یکی از آن‌ها (**۱۹۰۲ ساتون و بووِری**).

قطعیت عدم قطعیت

۱۹۰۰ قرن نوزدهم با این خوش‌بینیِ زاده‌ی این باور آغاز شد که طبیعت به مثابه یک ماشین است و اگر اطلاعات کافی داشته باشیم، رفتارش مطلقاً قابل پیش‌بینی است. پی‌یر لاپلاس، ریاضیدان فرانسوی (**۱۷۹۶**)، چندان بی‌باک و جسور بود که اظهار کند اگر موضع و حرکت دقیق هر ذره در کیهان در هر لحظه بر ما معلوم و روشن باشد می‌توانیم مسیر آینده‌ی هر ذره و بنابراین سرنوشت خود جهان هستی را پیش‌بینی کنیم. این نظر حاکی از آن بود که همه چیز، نه تنها در کلیات بلکه جزء به جزء، قابل شناسایی است و هر پرسشی پاسخی دارد.

خوش‌بینی در پرتو خیره‌کننده‌ی واقعیت رنگ باخت. اعداد به مقابله با آن برخاستند. حتی کوچک‌ترین نمونه‌ی گاز حاوی تعداد بسیار زیادی ذره است. با دانستن این‌که تمامی این ذرات در هر لحظه چه کاری می‌توانند انجام دهند عملاً محال و ناممکن است. از این رو در پایان قرن نوزدهم، علم مکانیک (به هر حال، در گازها) به «مکانیک آماری» تبدیل شده بود. سخن بر سر رفتار فردی نبود، بلکه میانگین کاری که یک ذره نوعی انجام می‌داد، مورد نظر بود. اما حتی در این عدم قطعیت سطح بالایی از قطعیت وجود داشت. جیمز کلرک مکسول (**۱۸۷۱**) قواعدی را تدوین کرد که نشان می‌دادند سرعت واقعی ذرات در یک گاز چگونه به روالی قابل پیش‌بینی در گستره‌ای میانگینی توزیع می‌شوند. می‌توانیم پی ببریم که چند ذره در گستره‌ی خاصی از سرعت‌ها باید یافت شود، حتی اگر نتوانیم تک تک آن‌ها را شناسایی کنیم.

به نظر می‌رسید این رویکرد به «احتمال» یا «آمار» در بسیاری موارد سازگار است. اگر قرار بود لباس متحدالشکل نو بین سربازان توزیع شود، اندازه‌گیری دور سینه نمایانگر توزیع قابل پیش‌بینی میانگین یا متداول‌ترین اندازه بود. یک سرباز را به طور تصادفی یا کاتوره‌ای انتخاب می‌کردند که دور سینه‌ی او می‌توانست به هر اندازه‌ای باشد، اما اگر ۱۰۰ سرباز، یا حتی بهتر از آن ۱۰۰۰ سرباز را انتخاب می‌کردند، فرماندهی سررشته‌داری و پشتیبانی می‌توانست با اطمینانی قابل قبول بداند که از هر اندازه چند دست لباس مورد نیاز است. بنا بر آنچه که فرانسیس گالتون در سال ۱۸۸۳ یافت، این تعداد (یا اعداد) توزیع نرمال (گاوسی) یا منحنی زنگ‌شکلی را تشکیل می‌دهند. سروکله‌ی این منحنی در همه جا پیدا شد ــ در توزیع جاهای گلوله در چشم گاو و بر روی هدف تیراندازی و شیر و خط کردن سکه در قماربازی. هر رویدادی کاتوره‌ای است اما انباشت رویدادها در جمع قابل پیش‌بینی می‌نماید.

این ذهنیت به نحو شگفتی با قرنی که آغاز می‌شد، دمساز از کار درآمد. کشف پرتوزایی (**۱۸۹۶**) را در نظر بگیریم. همانگونه که تحقیقات پس از کوتاه زمانی نشان داد، هر فوران انرژی به واسطه‌ی «واپاشی» یک اتم خاص صورت می‌گیرد. نمی‌توانیم بگوییم که هر اتم خاص چه موقع وامی‌پاشند اما می‌توانیم با دقت زیاد بدانیم که چند اتم در زمانی معین شکسته خواهند شد. به بیان دیگر، می‌توانیم پیش‌بینی کنیم که چه مدت سپری می‌شود تا نیمی از اتم‌های یک نمونه وا می‌پاشند. این «نیم عمر» دقیقاً برای هر نوع اتم پرتوزا معلوم است. نمی‌توانیم بدانیم که هر اتم خاصی چه کاری انجام خواهد داد اما این موضوع واقعاً چندان مهم نیست. فقط رفتار تمام اتم‌ها با و کنار هم اهمیت دارد، و می‌توانیم به آن پی ببریم.

۱۹۰۱ – ۱۹۵۰

چشم‌انداز جهان در این دوره

نیمه‌ی اول قرن بیستم شاهد دو منازعه‌ی بین‌المللی (۱۹۱۴-۱۹۱۸، ۱۹۳۹-۱۹۴۵) بود؛ این دو جنگ چندان فراگیرنده و همگانی بود که آن‌ها را «جنگ‌های جهانی» نامیده‌اند، هرچند که اولی را در ابتدا «جنگ بزرگ» لقب دادند. اکثر کشورهای اروپایی، و بسیاری کشورهای قاره‌های دیگر، به میدان نبرد کشیده شدند. در هر دو نبرد، متحدین به رهبری آلمان شکست خوردند، که به بیش از ۲۰۰ سال رشد و موفقیت نظامی دولت‌هایی پایان داد که گرد پروس حلقه زده بودند. فرانسه، بریتانیا، روسیه و ایالات متحده‌ی آمریکا از جمله‌ی قدرت‌های پیروز در هر یک از این دو جنگ بودند. این دو مورد تعارض و مخاصمه، دست‌کم در اروپا، به هم مرتبط بودند، اولی میراثی سیاسی و سرزمینی باقی نهاد که به راه افتادن دومی کمک کرد.

این دو جنگ درجه‌ی بی‌سابقه‌ای از پیشرفت علم و فناوری را، همراه با نخستین کاربرد نظامی تانک‌ها و سایر وسیله‌های نقلیه‌ی ماشینی، هواپیما، رادیو و گازهای سمی در جنگ جهانی اول، و رادار، موشک، موتورهای جت، ماشین‌های کشف رمز، و سلاح‌های هسته‌ای در جنگ جهانی دوم، به بار آورد.

در عین حال، علم و فناوری را به نحو پر دامنه‌ای تحرک بخشیدند، مثلاً، آنتی بیوتیک پنی‌سیلین به چرخه‌ی تولید وارد شد تا نیازهای نظامی را تأمین کند، در حالی که یک دهه از کشف آن سپری شده بود. کاربرد رادار فناوری و برخی مشاهداتی را ایجاد کرد که به نجوم رادیویی انجامید. کاوش برای دستیابی به بمب اتمی به ایجاد نخستین آزمایشگاه‌های بزرگ ملی ختم شد، که هزاران پژوهشگر را در ایالات متحده‌ی آمریکا به خدمت گرفتند و به کار مشغول کردند. نیاز به گشودن رمزهای پنهان دشمن موجب تولید کامپیوترهای بزرگ، گرچه ابتدایی شد.

کشورهای اروپایی در بسیاری منازعات و ماجراجویی‌های نظامی دیگر هم درگیر

شدند. بریتانیا تا سال ۱۹۰۲ درگیر جنگ با بوئرها در آفریقای جنوبی بود، و سایر قدرت‌های اروپایی تسلط‌شان را بر مستعمرات آفریقایی تحکیم بخشیدند. بین روسیه و ژاپن جنگ درگرفت (۱۹۰۲–۱۹۰٤). در دهه‌ی ۱۹۳۰ بریتانیا در ایرلند به دردسر افتاد و در اسپانیا جنگ داخلی طولانی مدتی راه افتاد. بین دو جنگ جهانی مبارزه‌ای از نوع دیگر در جریان بود. ولخرجی و سفته‌بازی مالی به فروپاشی بازارهای بورس در سال ۱۹۲۷ انجامید، که جهان را وارد رکودی اقتصادی کرد که فقط با به راه افتادن جنگ جهانی دوم پایان یافت.

در چندین کشور حکومت‌های خودکامه به قدرت رسیدند. در دهه‌ی ۱۹۳۰ هم آلمان (تحت حکومت آدولف هیتلر) و ایتالیا (تحت حاکمیت بنیتو موسولینی) دیکتاتورهای فاشیست بودند؛ این‌ها متحدین در جنگ دوم جهانی بودند. آزار یهودیان سبب شد مردم بسیاری، از جمله دانشمندانی برجسته و پیشرو، به بریتانیا یا ایالات متحده‌ی آمریکا بگریزند، و بنیه‌ی علمی این دو کشور را تقویت کنند. اتریش نیز، پیش از آن‌که به کام جهان‌گشایی آلمان فرو داده شود، تحت حکومت یک دیکتاتور اداره می‌شد. روسیه (اتحاد شوروی)، تحت فرمانروایی دیکتاتوری جوزف استالین قرار داشت، که تریوفیم لایسنکوی ژنتیک‌دان محبوبش بود، زیرا ایده‌های لامارکی وی با مقاصد سیاسی این دیکتاتور همخوانی داشت.

هنر و اندیشه

قرن بیستم در اروپا در پرتو قطعیت قرن نوزدهم، زاده‌ی رونق و ثروت و گسترش مستعمرات، آغاز شد. اما، بلای جنگ جهانی اول این‌ها همه را در هم شکست و متلاشی کرد. بین پایان آن عذاب و مصیبت و آغاز رکود بزرگ، زندگی در اروپا و ایالات متحده‌ی آمریکا ناپایدار، بی‌ثبات، دیوانه‌وار و شوریده می‌گذشت، که شاخصه‌ی آن موسیقی و سبک‌های زندگی «عصر جاز» دهه‌ی ۱۹۲۰ است.

طغیان و جوش و خروش اذهان خلاق ــ در موسیقی، ادبیات، هنر و اندیشه ــ بسی گسترده بود، که با رشد شکل‌ها و سبک‌های تجربی جدید همراهی می‌شد، و بسیاری از آن‌ها عدم قطعیت زمانه را منعکس می‌کردند. در نقاشی، فرانسه کماکان بارز و برجسته باقی ماند، که به اعتبار موریس اوتریّو، هانری ماتیس، کامیّ پیسارو، کلود مونه و دیگران، بر پایه‌ی سنت امپرسیونیست‌ها استوار بود.

در جاهای دیگر، هنرمندانی چون مارک شاگال و واسیلی کاندینسکی روس، و سالوادور دالی و پابلو پیکاسو در اسپانیا موضع بنیادستیزانه (رادیکال)تری را

تعریف می‌کردند و شرح می‌دادند (تابلوی *گرنیکای* پیکاسو بیانگر هراس و دهشت جنگ داخلی اسپانیا بود). بعداً جکسون پولاک آمریکایی پای بر عرصه نهاد. آلمان «اکسپرسیونیست‌ها» را کشف کرد، که نمونه‌ی آن‌ها ارنست کیرشنر بود. در کشورهای تمامیت‌خواهی چون آلمان نازی، و بخصوص اتحاد شوروی جدید، هنر فرمانبردار و خدمتگذار ایدئولوژی و اهداف سیاسی شد.

موسیقی شاهد ادامه‌ی رمانتیسیسم قرن نوزدهم بود، که اغلب با لحن و نحوه‌ی بیان و سنت‌های مردم درآمیخته می‌شد: رالف وون ویلیامز، ویلیام والتون، فردریک دیلیس، گوستاو هالست و ادوارد الگار بریتانیایی؛ موریس راول و کلود دبوسی فرانسوی؛ سرگئی راخمانینف روس؛ ریشارد/ ریشارت اشتراوس آلمانی؛ و جاکومو پوتچینی ایتالیایی. سایر آهنگسازان قویاً، و حتی با خشونت، با گذشته پیوند گسستند: استراوینسکی و سرگئی پروکوفیف روس؛ و آرنولد شوئنبرگ و آلبان برگ آلمانی.

ایالات متحده‌ی آمریکا صدای موسیقی متمایز خودش را از طریق اسکات جاپلین و ایروینگ برلین، و بعداً جورج گرشوین و جروم کرن، که نه تنها ترانه‌های «مردمی» می‌سرود بلکه موسیقی صحنه‌ای هم می‌ساخت، پیدا می‌کرد. اما نیروی انگیزاننده در موسیقی آمریکا و جاهای دیگر جاز بود، که بر ریشه‌های موسیقی آفریقایی و استحاله‌ی سریع آن از طریق شکل‌های فی‌البداهه‌ی اولیه به پیچیدگی «عصر موسیقی سوئینگ یا ریتمیک» دهه‌ی ۱۹۳۰، رشد و نمود یافت. بسیاری از موسیقیدانان «جدی و سنگین» سخت‌کوشانه به جاز روی آوردند. تمام شکل‌های موسیقی به یاری رشد انفجاری صنعت ضبط صوت به کیفیت بالاتری ارتقا یافت.

رمان‌نویسان به کشف شکل‌های جدید برای ثبت وقایع زمانه‌ی متحول خود ادامه دادند: اسکات فیتز جرالد، سینکلر لویس، ارنست همینگوی، جان اشتین‌بک، و گرترود اشتاین آمریکایی؛ از انگلیس سامرست موام، ای. ام. فورستر، ویرجینیا وولف، گراهام گرین، اولین وو، دی. اچ. لارنس و جان گالورسی (و در سَبکی ملایم‌تر، پی. جی. وودهاوس)؛ مارسل پروست و ژان کوکتوی فرانسوی؛ ماکسیم گورکی روس؛ توماس مان آلمانی و فرانتس کافکای اهل چکسلواکی (که به زبان آلمانی می‌نوشت)؛ و جیمز جویس ایرلندی.

شاعران فراوان‌اند: رابرت فراست و ازراپوند در ایالت متحده‌ی آمریکا؛ تی. اس. الیوت، و اچ. آودن، ویلفرد آون و والتر دو لامار در بریتانیا؛ رینر ماریا ریلکه در آلمان؛ و و. ب. تیس ایرلندی.

اهل تئاتر و نمایش توانستند برای نخستین‌بار *پیتر پنِ* اثر جیمز بری، *عیاش*

دنیای غرب جی. ام. سینج، *مرگ پیله‌ور* آرتور میلر، *سیر روز در شب* یوجین اونیل، *پیگمالیون* برنارد شا، *زندگی‌های خصوصی* نوئل کوارد، *آنتیگونه‌ی* ژان آنوی، و *اتوبوسی به نام هوس* تنسی ویلیامز را بر صحنه‌ی تئاتر تماشا کنند. اما تأثیرگذارترین فرهنگ روز سینما، بخصوص با ظهور «فیلم» در سال ۱۹۲۷، بود.

متفکران جدید برانگیزاننده‌ای به فراوانی ظهور کردند: کارل یونگ روانکاو، ویلیام جیمز (*گوناگونی‌های تجربه‌ی مذهبی*)، ماکس وبر (*اخلاق پروتستان و ظهور سرمایه‌داری*)، کارل پوپر (*جامعه‌ی باز و دشمنانش*) و سیمون دوبوار (*جنس دوم*). آلدوس هکسلی (*دنیای قشنگ نو*) و جورج اورول (**۱۹۸٤**) روایت‌های تکان دهنده‌ی نگران‌کننده‌ای از آینده را، آن طور که بعداً آدولف هیتلر دیکتاتور انجام داد (*نبرد من*)، نقل کردند.

کوانتوم، ژن، و جهان هستی

در خلال نیمه‌ی نخست قرن بیستم، علم در تمام جبهه‌ها پیشرفت کرد، اما پیشرفت در سه حوزه‌ی بخصوص چشمگیر بود. فیزیک هسته‌ای و فیزیک کوانتومی دریچه‌های دنیای بسیار ریز ــ به اندازه‌ی اتم یا کوچک‌تر ــ را گشودند. در آن سر این مقیاس، جایگاه خود را در الگوی کیهان، در داخل کهکشان خودمان و در میان تعداد بیشمار سایر کهکشان‌ها که جهان هستی در حال انبساط را پر می‌کنند، یافتیم. مابین این دو سر، به حل معمای وراثت ــ ساختارها و مواد شیمیایی حاکم بر خصوصیات ارثی ــ نزدیک‌تر شدیم.

شاید آلبرت اینشتین آشناترین نام باشد؛ از جمله‌ی کشف‌های عمده‌ی او می‌توان دو نظریه‌ی نسبیت را برشمرد. اما هوش و ذکاوت در همه جا یافت می‌شود، و حتی اینشتین از کار دیگران کمک می‌گرفت و به سایر دانشمندان نیاز داشت تا پیش‌بینی‌هایش را تأیید کنند.

تا نیمه‌ی قرن، شکافت هسته کشف و نخستین رآکتور (واکنشگر) هسته‌ای ساخته شده بود. وجود پادماده پیش‌بینی شد و آن را یافتند. سرچشمه‌ی نور خورشید آشکار

شده بود، و بر موضوع درهم تنیده‌ی منشأ عناصر، پرتو افکنده شد. سیگنال‌های رادیویی و «تابش کیهانی» که از فراسوها بر زمین فرود می‌آمدند، آشکارسازی شدند. در میان تنوع ستارگان نظم برقرار شده، و سرنوشت نهایی ستارگان بسیار بزرگ روشن شد.

می‌دانستیم که حرکت اندازه‌گیری طول، زمان و جرم را تغییر می‌دهد و نیروی گرانش نور را خم می‌کند. رؤیای کیمیاگران را تحقق بخشیده بودیم و بارها عنصری را به عنصر دیگر تبدیل کردیم. در عین حال، به ناتوانی‌مان در اندازه‌گیری دقیق همه چیزهای مربوط به حرکت ذرات ریز پی بردیم.

کشف‌های پزشکی عظیم از جمله نقش حیاتی ویتامین‌ها، وجود انسولین، گروه‌های خونی، پنی‌سیلین، سرنخی شیمیایی برای سیفلیس و شاهد و گواهی مبنی بر این‌که «شرطی‌شدگی» می‌تواند بر رفتار آدمی تأثیر گذارد، تحقق پذیرفته بودند. معلوم شد که پرتوزایی هم از توان بهبودبخشی و درمان برخوردار است و هم می‌تواند عامل کشنده‌ای باشد.

در حوزه‌ی علوم زمین، دو نظریه ابراز شد، که هر دو در آغاز نامقبول بودند اما بعداً موجه دانسته و از حمایت برخوردار شدند: مفهوم رانه‌ی قاره‌ای، و نظریه‌ای که بر پایه‌ی آن نیروی کشش سیارات دیگر وارد بر زمین اعصار یخبندان را پدید می‌آورد. پرتوزایی نخستین برآوردهای قابل اعتماد عمر کره‌ی زمین را برایمان فراهم کرد. مقیاس ریشتر معیاری از انرژی زمین‌لرزه‌ها فراهم آورد.

شالوده‌ی همه‌ی این تحولات عبارت از دگرگونی رو به رشدی در شیوه‌ی سازماندهی و پشتیبانی از فعالیت‌های علمی بود. دولت‌ها منافع بیشتری کسب می‌کردند، بخصوص در جایی که معرفت و دانش جدید دفاع ملی یا رشد اقتصادی را تقویت و حمایت می‌کرد. «آزمایشگاه‌های ملی» (مانند بخش تحقیقات علمی و صنعتی بریتانیا) برای کاوش در زمینه‌های مورد نظر و علاقه، برپا شد. از این آزمایشگاه‌ها، بزرگ‌ترین‌شان پروژه‌ی عظیم منهتن بود که ایالات متحده‌ی آمریکا در دهه‌ی ۱۹۴۰ آن را تأسیس کرد تا علم و فناوری جنگ‌افزارهای هسته‌ای را بهبود و تعالی بخشد. این پروژه الگویی شد برای آینده.

به پیروی از مجموعه نهادهایی که توماس ادیسون جا انداخت (**۱۸۸۲**)، کسب و کار و صنایع به بهره‌گیری از علم برای تولید محصولات جدید یا یافتن راه حل برای مسائل و مشکلات تولید، دست زدند. بسیاری «دانشمندان» دیگر (این واژه حالا دیگر زیاد ورد زبان‌ها بود) فعال بودند؛ دانشگاه‌ها، بیمارستان‌ها و مراکز تحقیقاتی جاهایی

بودند که بسیار از آن‌ها در آنجا کار می‌کردند، تعدادشان بیشتر می‌شد و از نعمت وجودشان بهتر بهره‌برداری می‌شد. دانشمند بودن پیشه و حرفه‌ای جا افتاده شده بود. اکنون دیگر آدم‌های آماتور و پاره‌وقت معدودی بودند که به کشفی نایل می‌آمدند.

مانند قرن‌های پیشین، «فناوری شناخت و معرفت» یک نیروی انگیزشی به‌شمار می‌رفت، بخصوص اعجاز الکترونیک، که در آشکارسازی و تقویت سیگنال‌های ضعیف به کار گرفته شد. اتاق‌های ابر در فیزیک هسته‌ی، تلسکوپ‌های جدید غول‌پیکر در نجوم و میکروسکوپ الکترونی در زیست‌شناسی کماکان بر آشکار نشده‌ها و مجهول‌های گذشته پرتو می‌افکندند، و آهنگ کشف در حال شتاب گرفتن بود.

هوگو دوریس: واقعیت جهش‌ها (ی ژنتیکی)

۱۹۰۱ هوگو دوریس هلندی یکی از سه دانشمندی بود که در سال ۱۹۰۰ مستقلاً نگرش‌های تقریباً چهل ساله‌ی گرگور مندل درباره‌ی قوانین وراثت زیست‌شناختی را مجدداً کشف کرد. یک سال بعد، دوریس چیز بیشتری به این ترکیب افزود، چیزی که به یکی از بزرگ‌ترین ایرادها به نظریه‌ی تکامل چارلز داروین پاسخ داد (**۱۸۵۹**). داروین ادعا کرد که در هر نسلی از موجودات زنده، بعضی‌ها نسبت به دیگران تغییراتی ظاهر می‌کنند. این‌ها از برخی خصوصیات در جسم یا رفتارشان برخوردارند که آن‌ها را به بقا تواناتر می‌کند تا آن خصلت را به نسل دیگر منتقل کند. داروین این فرایند را در قالب عبارت «بقای اصلح» جمع‌بندی کرد. اما آن امتیاز و مزیت از کجا ناشی می‌شود؟ سرچشمه‌ی این «تنوع و گوناگونی» چیست؟ داروین برای این پرسش پاسخی ندارد، هرچند که آزمایش‌های خودش، مانند آزمایش‌هایش در زمینه‌ی به‌نژادی کبوتر، نشان داد که در هنگام وقوع این تفاوت‌ها چگونه می‌شود آن‌ها را غنیمت شمرد.

ژان لامارک (**۱۸۰۹**) زیست‌شناس فرانسوی استدلال کرده بود که موجودات زنده این توانایی‌های جدید را از طریق سازگاری عملی با محیط‌شان کسب و سپس آن‌ها را به اولاد خود منتقل کرده‌اند. پای پرندگان آبچر از طریق تلاش آن‌ها در رفتن به آب‌های عمیق‌تر در جستجوی خوراک، دراز شده است. با حدود یک قرن مشاهده، هیچ کس عملاً چنین اتفاقی را مشاهده نکرده بود. مندل در پی آن گشته بود. وی پی برد که قرار دادن گونه‌های مختلف گیاهان در کنار هم به طوری که از محیط مشترکی برخوردار شوند هیچگونه اثر قابل مشاهده‌ای در نسل‌های بعدی پدید نیاورده است.

اکنون آشکار شد که «لامارک‌باوری» نمی‌تواند باری به هر جهت اتفاق افتد. اگوست وایزمن، زیست‌شناس آلمانی، کشف کرده بود که در نقطه‌ی معینی در روند تکوینی بسیار ابتدایی گیاه یا جانور (حدود روزپنجاه و نهم برای رویان آدمی) برخی یاخته‌ها کنار نهاده و به آن‌ها نقش خاصی محول می‌شود؛ این‌ها قرار است به گامت‌ها (یاخته‌های جنسی)، «نیم یاخته‌ها» به صورت تخم‌مرغ، تخمک، اسپرم و گرده درآیند که اطلاعات ژنتیکی را به نسل بعدی منتقل خواهند کرد. بعد از آن روز، هیچ اتفاقی برای باقی موجود زنده نمی‌افتد که بتواند بر آن چیزی تأثیر گذارد که یاخته حاوی آن است، و بنابراین برای آنچه که فرستاده می‌شود.

«دگرگونی و تنوعی» از این دست، یعنی اختلاف‌های کوچک در میان افراد ناشی از پایه‌ی یکسان، باز هم نیاز به توضیح داشت. در دهه‌ی ۱۸۸۰ دِوریس روی گل مغربی آزمایش‌هایی انجام داده بود. وی پی برد که گاهگاهی تغییرات ناگهانی در برخی جنبه‌های این گیاهان از یک نسل به نسل بعدی رخ می‌دهد، تغییراتی که بعداً واقعی از آب درآمد. شاید «انتخاب اصلح» جدید نه به عنوان یک رشته تغییرات نامحسوس و تدریجی بلکه در قالب دگرگونی‌های بزرگ و قطعی، به اندازه‌ی کافی بزرگ که از طریق انتخاب طبیعی داروین اقدام کند، ظاهر می‌شد.

دوریس اصطلاح «جهش» را برای چنین تغییراتی ابداع کرد، که آن را از کلمه‌ای لاتینی به معنای «تغییر» برگرفته است. گل‌های مغربی او نه نوعی موجودات زنده به طور کلی ـــ اکثر جهش‌ها بسیار کم‌دامنه‌اند ـــ از آب درآمد، بلکه این ایده و اسم به آن چسبید. حالا دیگر چالش عبارت بود از پی بردن به چگونگی پیش آمدن این جهش‌ها. اگر وراثت با نوکلئیک اسید شیمیایی در قلب هر یاخته پیوند خورده بود، چنان‌که دیگر به طور گسترده‌ای پذیرفته شده بود (**۱۸۸٤ هدویگ و وایزمن**)، جهش‌ها نیز باید به نحوی در آنجا رخ می‌دادند (**۱۹۲٦**).

آلیور هِویساید و آرتور کِنلی: مارکونی چگونه روی اقیانوس اطلس پل زد

۱۹۰۲

وقتی گولیلمو مارکونی (**۱۸۹۵**) برای نخستین‌بار فرستادن یک سیگنال رادیویی از این سو به آن سوی اقیانوس اطلس را در دسامبر ۱۹۰۱ برنامه‌ریزی کرد، خیلی‌ها نسبت به موفقیت او تردید داشتند. فیزیکدانان استدلال می‌کردند که اگر امواج رادیویی مانند نور باشند، باید در خط مستقیم در فضا حرکت کنند. یک سیگنال ارسالی در کورن وال هرگز نباید به نیوفاندلند برسد، زیرا این مکان در زیر افق قرار

داشت (به علت انحنای زمین). اما مارکونی به کار خود اطمینان داشت؛ وی سربلند از آزمایش بیرون آمد. در تاریخ ثبت است که این سیگنال به نیوفاندلند رسید، از این رو خردمندان حوزه‌ی فیزیک باید در آرای خود بازاندیشی می‌کردند.

یکی از راه‌حل‌ها و پاسخ‌ها را آرتور کِنِلی آمریکایی در سال ۱۹۰۲ ارائه کرد، و چند ماه بعد هم آلیور هِویساید به ارائه پاسخ اقدام کرد. بنا بر استدلال این دو، باید در جایی در جوّ لایه‌ی بازتابانی وجود داشته باشد، شبیه به آینه‌ای برای امواج رادیویی. این سیگنال باید بین آینه و سطح اقیانوس به پس و پیش واجهد (بازتابد) تا به نیوفاندلند برسد. به افتخار هر دوی آنان، این سطح بازتابان را لایه‌ی هِویساید ـ کِنِلی نامیدند.

درباره‌ی این لایه به سختی چیزی می‌دانستند، جز این‌که وجود دارد، هر چند که پی برد که سیگنال‌های ارسالی از طریق این لایه ظاهراً در روز قوی‌ترند تا شب‌هنگام. یک ربع قرن سپری شد تا اطلاعات چشمگیر و معنی‌دارتری به دست آمد. گرگوری برایت و مرل تووه‌ی آمریکایی با ارسال یک پالس امواج رادیویی و اندازه‌گیری مدت زمان سپری شده برای رفت و برگشت آن، ارتفاع این لایه را اندازه گرفتند. این اندازه‌گیری نشان داد که این لایه در ارتفاع ۱۰۰ کیلومتری سطح زمین واقع است، هرچند که تغییر کرد. چندی بعد، پی بردیم که بیشتر از یک لایه در آنجا وجود دارد.

تا آن موقع، درباره‌ی علت وجودی این لایه به ایده و نظرهایی رسیده بودند. نور فرابنفش و پرتوهای ایکس گسیلی از خورشید با انرژی کافی با اتم‌های هوا برخورد می‌کنند و بعضی الکترون‌های آن‌ها را به خارج می‌رانند، در نتیجه آمیزه‌ای از الکترون‌ها و اتم‌های باردار (یون) باقی می‌گذارند. از آنجا که همراه امواج رادیویی میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی برقرار است، این «پلاسمای» یون‌ها و الکترون‌ها شبیه به آینه عمل می‌کند. همین که خورشید غروب می‌کند یونش هم کاهش می‌یابد و به همین دلیل است که این لایه در شب ضعیف‌تر امواج رادیویی را باز می‌تاباند.

رابرت واتسون وات، مهندس اسکاتلندی‌تبار، پیشنهاد کرد که این لایه «یون‌سپهر یا یون‌کره» نامیده شود، که نام بامسمایی بود. واتسون وات بعداً به عنوان مخترع رادار (دست‌کم تا آنجا که به بریتانیایی‌ها مربوط می‌شد) شهرت یافت. فناوری رادار در روش‌هایی که برای اکتشاف یون‌سپهر، مانند شیوه‌ی اندازه‌گیری مسافت، به کار گرفته می‌شد، مورد استفاده‌ی فراوانی یافت.

از اول تا آخر جوّ		
۲۵۰km		km۲۴۰. مدارهای شاتل فضایی
۲۰۰km		شفق قطبی مرئی (از km۲۴۰ تا km۱۱۰) k۲۰۰: لایه‌ی "F" یون سپهر
۱۵۰km	**گرم‌سپهر/یون‌سپهر**	km۱۵۰: موشک‌های جستجوگر (گردآوری اطلاعات) تا اینجا می‌رسند km۱۲۰: لایه‌ی "E" یون سپهر. شفق قطبی مرئی (تا km۲۳۰) k۱۰۰: لایه‌ی "D" یون سپهر
۹۰km	میان‌ایست: دما $^{\circ}C$ ۱۰۰-	
	میان سپهر	km۸۰: شهاب‌ها («ستارگان ثاقب») می‌سوزند
۵۰km	آرام‌ایست: دما $0^{\circ}C$	فشار هوا: ۱ میلی بار
	آرام سپهر	km۴۰: بالن‌های هواشناسی تا اینجا می‌رسند km۳۰: هواپیماهای جاسوسی تا اینجا می‌رسند km۲۰: «لایه‌ی اوزون» فرابنفش نور خورشید را می‌پالاید
۱۵km	وردایست: دما $^{\circ}C$ ۵۰-	فشار هوا: ۱۰میلی بار
سطح	وردسپهر	«منطقه‌ی آب و هوایی» فشار هوا: ۱۰۰۰ میلی بار

این جدول برشی از سطوح تحتانی جوّ ما تا ارتفاع ۲۵۰ کیلومتری را، مطابق مطالعات جدید، نشان می‌دهد. فشار هوا به تناسب ارتفاع به سرعت افت می‌کند. در بالاترین نقطه‌ی آرام‌سپهر، فشار هوا یک هزارم مقدار آن در سطح دریاست؛ ۹۹/۹ درصد هوایی که تنفس می‌کنیم در زیر این سطح قرار دارد. دمای هوا در عرض وردسپهر افت می‌کند، در عرض آرام‌سپهر بالا می رود، در میان‌سپهر افت می‌کند و در گرم‌سپهر افزایش می‌یابد. مرزهای بین این لایه‌ها را «ایست» می‌گویند، مانند «وردایست»، که حاکی از آن است که افت دما متوقف می‌شود و شروع به بالا رفتن می‌کند، یا برعکس.

یون سپهر ضخیم‌ترین لایه از میان سه لایه‌ی مختلف است، و هر لایه بسامدهای امواج رادیویی مختلفی را باز می‌تاباند و جذب می‌کند. لایه‌ی اوزون (۱۹۷۴) در بخش پایینی آرام‌سپهر، ضخیم‌ترین لایه است. یون‌سپهر و لایه‌ی اوزون به وسیله‌ی نور فرابنفش و پرتوهای ایکس از برخورد نور خورشید به اتم‌های اکسیژن و نیتروژن تولید می‌شوند.

والتر ساتون/ ساتن و تئودور بووری: ژن‌ها کجایند؟

۱۹۰۲ سه پژوهشگر مستقل از یکدیگر در سال ۱۹۰۰ بار دیگر کارهای پیشگامانه‌ی گرگور مندل را کشف کردند و بر آنچه یافته بودند مُهر تأیید نهادند: مشخصه‌های فیزیکی گوناگون از یک نسل موجودات زنده به نسل دیگر منتقل می‌شوند گویی بسته‌های جداگانه‌ی اطلاعات آن‌ها را کنترل می‌کنند، که به صورت زوج کار کنند. مندل این زوج‌ها را «عامل یا فاکتور» نامید؛ واژه‌ی جدید و امروزی آن «ژن» است. اما منشأ این ژن‌ها کجاست و آن‌ها چگونه عمل می‌کنند؟

والتر ساتون، دانشجوی تحصیلات تکمیلی آمریکایی، فکر می‌کرد که ژن‌ها به نحوی با کروموزوم‌ها گره خورده‌اند؛ کروموزوم‌ها ساختارهای ریسمان‌مانندی‌اند که در داخل هسته‌های یاخته‌ها در زمانی که هر یاخته به دو یاخته تقسیم می‌شود، پدیدار و ناپدید می‌شوند. در روندی که والتر فلمینگ (**۱۸۶۹**) آن را «میتوز یا تقسیم غیرمستقیم» نامیده بود، کروموزوم‌ها تشکیل، تعدادشان دو برابر و سپس جدا می‌شوند، و هر یک از یاخته‌های جدید نسخه‌ای از هر کروموزوم به وجود می‌آورد.

ساتون، در حالی که روی ملخ‌ها کار می‌کرد، ابتدا (در سال ۱۹۰۲) متوجه شد که کروموزوم‌ها به صورت جفت‌جفت‌اند، به طوری که همیشه تعدادشان زوج است. اعضای هر زوج (ظاهراً) یکسان‌اند اما به نحو بارزی با اعضای زوج‌های دیگر تفاوت داشتند. وی با تأمل در باب زوج «عامل‌های» مندل، به این فکر افتاد که هر کروموزوم در یک زوج یک عضو از هر زوج ژن را حمل می‌کند. برای این‌که قوانین وراثت مندل کارآمد باشد و صدق کند، باید از هر کدام از والدین یک ژن حاصل شود.

ساتون پاسخ را در نوع کم‌تر معمول تقسیم سلولی می‌دید که غالباً به آن «تقسیم کاهشی» می‌گفتند، اما وی خودش آن را «میوز» نامید. این نوع تقسیم، به جای پدید آوردن یاخته‌های کامل («سلول دوتایی») مانند مورد تقسیم غیرمستقیم (میتوز)، نیم سلول‌ها یا نیم یاخته‌ها («نیم دانه یا نیمه‌گان») را به وجود می‌آوردند. این‌ها یاخته‌های جنسی یا گامت هستند، مانند اسپرم و تخمک، که در عمل لقاح با هم می‌آمیزند و یک یاخته‌ی کامل جدید را شکل می‌دهند. در تقسیم کاهشی یا میوز، کروموزوم‌ها ابتدا تکثیر نمی‌شوند، به طوری که هر گامت فقط یک کروموزوم از هر زوج می‌گیرد، نه هر دو را.

به این ترتیب وقتی یک اسپرم و تخمک، یا یک دانه‌ی گرده و تخمک، در هنگام لقاح با هم می‌آمیزند، کل یاخته‌ی حاصل در هر زوج یک کروموزوم از هر والد، و به این ترتیب یک ژن برای یک مشخصه‌ی خاص از هر زوج، دریافت می‌کند. به این

ترتیب کروموزوم‌ها مجهز می‌شوند تا به مخزن عامل‌های ژنتیکی مندل تبدیل شوند، که نیاز دارند به صورت جفت و زوج برای کنترل وراثت برهم‌کنش برقرار کنند. علیرغم اهمیت همه‌ی این مباحث، ساتون کار حرفه‌ای در ژنتیک را پی نگرفت، بلکه در کانزاس به جراحی پرداخت و در آنجا در ۳۹ سالگی درگذشت.

تئودور بووری، دانشمند آلمانی، به‌طور مستقل به همان نتایج دست یافت. وی در حالی که روی خارپوست‌های دریایی (توتیای دریایی) کار می‌کرد، مشاهدات مهمی را انجام داد. هر موجود زنده‌ای به سهمیه‌ی کاملش از کروموزوم‌ها نیاز دارد (در مورد توتیای دریایی ۳٦ کروموزوم) تا به طور طبیعی عمل کند یا تکامل یابد. بنابراین کروموزوم‌های گوناگون هر یک باید مسئول مشخصه‌ی مختلفی باشد، و بایستی به صورت زوج باشند تا وظیفه‌ی خود را انجام دهند.

ایوان پاولف: گوش به صدای زنگ

۱۹۰۳

مطالعه‌ی کتاب *منشأ گونه‌های* چارلز داروین راه ایوان پاولف، دانشجوی روسی الهیات را از کلیسا به سوی حرفه‌ای درازمدت در علم برگردانید (وی تا زمان مرگش در ۸۷ سالگی کماکان فعال بود). این حرفه برای او ستایش‌ها و افتخارات علمی بلندمرتبه‌ای، از جمله جایزه‌ی نوبل پزشکی، را به بار آورد، اما تعارض‌های فراوانی هم با دولت‌های تمامی‌طلب سرزمین‌اش، بخصوص از موقعی که روسیه به اتحاد شوروی تبدیل شد، پیدا کرد. این آوازه و محبوبیتش بود که او را از آزار و شکنجه مصون نگه داشت.

پاولف به عرصه‌ی تحقیقات پزشکی پای نهاد. وی بخصوص به امر گوارش علاقمند بود؛ مطالعاتش در مورد سگ‌ها نشان داد که معده وقتی فعال می‌شود که تولید بزاق در دهان آن را تحریک کند. آشکار است که بین این دو اندام (دهان و معده) از طریق دستگاه‌های عصبی رابطه برقرار است. پاولف از طریق نشان دادن غذا به سگ‌ها دهانشان را به ترشح بزاق وادار می‌کرد، اما پس از کوتاه زمانی دریافت که چیزهای دیگری آب از دهان آن‌ها جاری می‌کند، حتی صدای پاهایش در هنگامی که وارد اتاق می‌شود. از این رو تصمیم گرفت ببیند آیا سایر صداها و کنش‌ها هم ترشح بزاق آن‌ها را برمی‌انگیزد یا خیر.

آزمایش بسیار مشهور او از این قرار است که وقتی غذا را به سگ نشان می‌داد زنگی را هم به صدا درمی‌آورد، و پس از کوتاه زمانی مشاهده کرد که بزاق سگ‌ها

صرفاً با شنیدن صدای زنگ ترشح می‌کند، چه غذا به آن‌ها نشان داده می‌شد و چه نمی‌شد. به این ترتیب «راه افتادن آب دهان به صورت بازتابی یا عکس‌العملی»، که سگ به مجرد دیدن غذا هیچ کنترلی بر آن ندارد، «شرطی» شده بود و اکنون خودبه‌خود به یک محرک بسیار متفاوت پاسخ می‌داد. این نتیجه‌گیری پرسش‌های فراوانی را در پی داشت، که پاولف از طریق گردآوری و اندازه‌گیری میزان بزاق ترشح شده در شرایط گوناگون، درباره‌ی آن‌ها به تحقیق پرداخت.

در حالی که دارید آزمایش می‌کنید، به اطلاعات و دریافت‌های سطحی وقایع راضی نشوید. به یک ضبط‌کننده‌ی صرف حقایق و نکته‌ها تبدیل نشوید، بلکه بکوشید راز و رمز منشأ و خاستگاه آن‌ها را بکاوید.

ایوان پاولف

آیا عکس‌العمل شرطی همین‌که تثبیت شد، برای همیشه باقی می‌ماند؟ خیر. وی پی برد که این واکنش می‌تواند به مرور زمان و در صورتی که تقویت نشود، می‌تواند از بین برود ــ با به صدا درآوردن زنگ و بدون ارائه‌ی غذا، سگ‌های سرخورده پس از کوتاه زمانی دیگر با شنیدن صدای زنگ بزاق ترشح نمی‌کردند. با این همه یک عکس‌العمل شرطی «فرونشانده شده» از طریق برقراری مجدد رابطه‌اش با غذا و زنگ، به آسانی بار دیگر برمی‌گردد. حتی می‌تواند پس از چند ساعت به نحو خودانگیخته‌ای مجدداً ظاهر شود.

وی همچنین مشاهده کرد هر چیزی که صدای زنگ بدهد می‌تواند سگ‌ها را برانگیزد ــ مثلاً، زنگ تلفن. این محرک «عمومی و همگانی» شد. پاولف هنوز از طریق ارائه صدای زنگ همراه با غذا و نه چیزهای دیگر، می‌توانست سگ‌هایش را آموزش دهد بین انواع صداهای مختلف تمیز قائل شوند.

پاولف تردید داشت که مطالعاتش روی سگ‌ها، که در سال ۱۹۰۳ منتشر شد، در مورد انسان‌ها هم صدق کند، اما این مطالعات او را به تکوین مکتب «رفتارگرا»ی روانکاوی هدایت کرد. جان واتسون آمریکایی نشان داد که شرطی شدن می‌تواند بر انگیزش‌هایی چون ترس و هراس تأثیر گذارد. رویکرد پاولف به نحو مبهم‌تری سازوکاری را هم برای «شستشوی مغزی» فراهم آورد.

ارنست رادرفورد و فردریک سادی: رازگشایی پرتوزایی

۱۹۰۳

پرتوزایی، که به نحوی نامنتظره و تصادفی به دست هانری بکرل در سال **۱۸۹۶** کشف شد، هر چه بیشتر بررسی و مطالعه شد، پیچیدگی‌های بیشتر را به بار آورد. مثلاً، به زودی پی بردند که سه نوع پرتو مختلف از مواد پرتوزا گسیل می‌شود: آلفا، بتا و گاما (**۱۸۹۹**). دوتای اولی ذره‌اند (به ترتیب، هسته‌ی هلیم و الکترون) و سومی شبیه به پرتوهای ایکس‌اند اما بسیار نافذتر. در عین حال، فهرست عناصر پرتوزایی که شناسایی می‌شدند هرچه طولانی‌تر می‌شد. پس از کوتاه زمانی، تعداد بسیار زیادی از آن‌ها شناخته شدند که جستجو برای یافتن نظمی در میان آن‌ها، چیزی چون «روابط خانوادگی»، به جریان افتاد.

ارنست رادرفورد اهل زلاند نو و همکارش فردریک سادی در خط اول این کاوش‌ها بودند. آنان پی بردند که بین بسیاری عناصر پرتوزا به صورت زنجیره‌ی تبدیل رابطه برقرار است. یکی از این زنجیره‌های رابط با اورانیم آغاز می‌شد و ۱٤ زنجیره‌ی رابط بعدی به سرب ناپرتوزا ختم شدند. هر زنجیره‌ی رابطی یک عنصر متفاوت بود، چه سبک‌تر یا با وزنی حدود وزن عنصر قبلی. برخی زنجیره‌های رابط تابشی قوی بیرون می‌فرستادند، اما گرایش به این داشتند که این کار را با سرعت زیادی انجام دهند. در هر تبدیل و تغییر شکلی، پرتوهای آلفا، بتا و گاما به بیرون فرستاده می‌شدند. این زنجیره‌ها پیچیده اما منظم و قابل فهم بود. رادرفورد جایزه‌ی نوبل فیزیک ۱۹۰۸ را برای کارهایش در این زمینه برای خود تضمین کرد. به نظر بعضی‌ها سادی هم باید در این جایزه سهیم می‌شد؛ وی این جایزه را در سال ۱۹۲۱ دریافت کرد.

رادرفورد و سادی به دقت شیوه‌ی «واپاشی» عناصر این زنجیره را کاویدند، که گام به گام به عناصر دیگر تبدیل می‌شدند. به نظر می‌رسید قانون ساده‌ای در این تحولات عمل می‌کند. در یک زمان معین، شدت تابش در هر نمونه‌ای به نصف سطح اولیه‌اش می‌رسید، گویی نیمی از اتم‌ها تغییر و تحول یافته بودند. این «نیم عمر» از عنصری به عنصر دیگر فوق‌العاده متفاوت بود (البته، اکثر عناصر اصلاً پرتوزا نیستند). نیم عمر رادیم را ۱٦۰۰ سال درآوردند، نیم عمر رادون چهار دقیقه، اما نیم عمر اورانیم ٤/٥ میلیارد سال و عناصر دیگری هم هستند که نیم عمرشان شاید یکصد میلیونیم یک ثانیه است. معمولاً، هر چه تابش شدیدتر باشد، نیم عمر کوتاه‌تر است. الگوهای واپاشی پس از کوتاه زمانی شیوه‌ای را فراهم آورد که با آن عمر سنگ‌ها و عمر خود زمین تعیین می‌شود (**۱۹۲۱**).

عدد اتمی	عنصر	وزن اتمی	نوع واپاشی	نیم‌عمر
از اورانیم تا سرب				
۹۲	اورانیم	۲۳۸	آلفا	۴/۵ میلیارد سال
۹۰	توریم	۲۳۴	بتا	۲۴/۵ روز
۹۱	پروتاکتینیم	۲۳۴	بتا	۱/۱۴ دقیقه
۹۲	اورانیم	۲۳۴	آلفا	۲۳۰,۰۰۰ سال
۹۰	توریم	۲۳۰	آلفا	۸۳,۰۰۰ سال
۸۸	رادیم	۲۲۶	آلفا	۱۵۹۰ سال
۸۶	رادون	۲۲۲	آلفا	۳/۸ روز
۸۴	پولونیم	۲۱۸	آلفا	۳ دقیقه
۸۲	سرب	۲۱۴	بتا	۲۷ دقیقه
۸۳	بیسموت	۲۱۴	بتا	۲۹ دقیقه
۸۴	پولونیم	۲۱۴	آلفا	یک ده‌هزارم ثانیه
۸۲	سرب	۲۱۰	بتا	۲۲ سال
۸۳	بیسموت	۲۱۰	بتا	۵ روز
۸۴	پولونیم	۲۱۰	آلفا	۱۴۰ روز
۸۲	سرب	۲۰۶	پایدار	

نمونه‌ای از کیمیاگری طبیعی. مراحل بسیاری که در واپاشی اورانیم ۲۳۸ و تبدیل آن به سرب پیموده می‌شود، که از چندین عنصر دیگر عبور می‌کند: توریم، پرواکتنیم، رادیم، رادون، پولونیم، بیسموت، و دو ایزوتوپ پرتوزای سرب. هر واپاشی آلفا عدد اتمی را به اندازه‌ی ۲ و وزن اتمی را به اندازه‌ی ٤ کاهش می‌دهد. واپاشی بتا عدد اتمی را یک واحد می‌افزاید اما در وزن اتمی تغییری پدید نمی‌آورد (یک نوترون در هسته به یک پروتون و یک الکترون واپاشیده است). به گستره‌ی عظیم «نیم عمرها» توجه کنید.

یک معما نیز پیش آمد. در حالی که مسلم بود نیمی از اتم‌های موجود در یک نمونه در مدت نیم عمرشان وامی‌پاشند، به نظر می‌رسید هیچ راهی وجود ندارد که بفهمیم کدام اتم‌ها هستند که عملاً شکافته می‌شوند. ظاهراً احتمال تبدیل هسته‌ای در آن‌ها مساوی بود، اهمیتی نداشت که کدامشان زودتر از دیگران دستخوش تبدیل

هسته‌ای می‌شود. از این رو در حالی که به دقت می‌دانستیم در مورد تعداد زیادی اتم نتیجه چه می‌شود، اگر فقط یک اتم می‌داشتیم اصلاً قطعیتی در کار نبود، بلکه فقط احتمالات تعیین‌کننده می‌بود. از نظر فیزیکدانان قرن نوزدهمی، آنچه که در هر زمان اتفاق می‌افتاد دقیقاً با آن چیزی تعیین می‌شد که قبلاً اتفاق افتاده. اکنون، آن اعتماد به علت و معلول زایل شد. در این فضای عدم قطعیت و متغیر و متحول، «فیزیک کوانتومی» آماده می‌شد تا پای بر این جهان گذارد. ◄◄ **۱۹۰۹ رادرفورد**

هاینریش لورنتس و جورج فیتز جرالد: پیش‌تاریخ نسبیت اینشتین

۱۹۰۴

در سال ۱۸۸۷، آلبرت مایکلسون و ادوارد مورلیِ آمریکایی تلاش کردند «اتر» را آشکارسازی کنند، محیطی که فرض می‌شد نور را در فضا به صورت یک رشته موجک منتقل می‌کند. فیزیک آن دوره می‌گفت که نور باید در جهت‌های مختلف با سرعت‌های متفاوتی حرکت کند زیرا زمین در داخل اتر حرکت می‌کند (اندکی شبیه به قایقی که بر خلاف جریان آب یا همراه با جریان آب حرکت می‌کند). اما مایکلسون و مورلی پی بردند که این سرعت همیشه ثابت و یکسان است؛ اتر را نمی‌توان آشکارسازی کرد.

هاینریش لورنتس، فیزیکدان هلندی، برای این موضوع توضیحی آماده کرد و جورج فیتز جرالد، فیزیکدان ایرلندی هم دقیقاً همزمان ایده‌های بسیار مشابهی داشت. آن‌ها هر دو احتمالاً در تلاش نجات دادن فیزیک کلاسیک بودند، که شکست در یافتن اتر برای این فیزیک فاجعه به‌شمار می‌آمد.

مایکلسون و مورلی پرتوهای نور را در مسیرهایی عمود بر هم تابانده بودند، یکی از این مسیرها هم‌خط با حرکت فرضی زمین در داخل اتر، دیگری متقاطع با آن. لورنتس (و فیتز جرالد) اظهار داشتند که مسیر موازی با اتر به وسیله‌ی اتری که این مسیر را طی می‌کند کوتاه‌تر می‌شود، این کوتاه‌شدگی چندان کافی است که گرچه نور به علت مقابله با اتر کندتر می‌شود، زمان سپری شده برای پیمودن نور در این مسافت بدون تغییر می‌ماند. این نظر ساده‌نگرانه بود. نور همواره با سرعت یکسانی حرکت می‌کند. اتر باید باز هم وجود داشته باشد اما همیشه از نظرها پنهان است.

این دو نفر ایده‌ی خود را در قالب ریاضی به رشته‌ی تحریر درآوردند، که به تبدیل فیتز جرالد ـ لورنتس (یا به بیان خلاصه FTL) مشهور شد. قطاری را تصور کنید که با سرعت زیاد (یعنی نزدیک به سرعت نور) عبور می‌کند در حالی که شما روی

سکو ایستاده‌اید. شما و پیرامونتان «چارچوب مرجع» هستید، و داخل کوپه‌ی قطار چارچوب مرجع دیگری است که نسبت به آن می‌توانید اندازه‌گیری‌ها را مقایسه کنید. تبدیل فیتز جرالد-لورنتس بین او دو چارچوب رابطه برقرار می‌کند، به شرطی که قطار با سرعت ثابت حرکت کند، اما این آثار وقتی قطار با سرعت نزدیک به سرعت نور حرکت کند، چشم‌پوشیدنی‌اند. در سرعت‌های عادی روزمره‌ی ما، آشکارسازی هرگونه اثری تقریباً محال و ناممکن است.

اگر می‌توانستید (به کمک مهارت) طول میله‌ای را در قطار در حال حرکت از مقابلتان اندازه بگیرید، یا تیک تاک ساعتی را علامت‌گذاری کنید یا جرم جسمی را پیدا کنید، (از طریق مقایسه‌ی آن‌ها با متر میله‌ای، ساعت و وزنه‌ی کیلوگرمی در ایستگاه در کنارتان) پی می‌بردید که میله در هنگام عبور قطار کوتاه‌تر به نظر می‌رسد، ساعت ظاهراً کندتر کار می‌کند و آن جسم سنگین‌تر به نظر می‌رسد. اگر کسی در داخل واگن قطار این کار را انجام می‌داد میله را کوتاه‌تر و زمان را طولانی‌تر و جرم آن جسم را بیشتر می‌یافت.

> *ایجاد و پرداختن یک نظریه‌ی جدید شبیه به خراب کردن یک انبار علوفه و برپا کردن آسمان‌خراشی به جای آن نیست. بلکه شبیه به بالا رفتن از یک کوه است، دستیابی به منظرهای نو و گسترده‌تر، کشف روابط نامنتظره بین نقطه‌ی آغاز راهمان و محیط غنی آن.*
>
> آلبرت اینشتین

اهمیتی ندارد که باید فکر کنید که ساکن هستید. فقط حرکت نسبی بین شما و قطار اهمیت دارد. شما و شخصی که در قطار است درباره‌ی این اندازه‌گیری‌های حیاتی با هم موافق نیستید، با همه‌ی این احوال اشیاء و نور مطابق قوانین یکسانی در واگن قطار و بر سکویی که شما ایستاده‌اید رفتار می‌کنند (این قوانین «ناوردایند»). به این ترتیب شما بر روی سکو یا در واگن قطار کاری نمی‌توانید بکنید که به شما بگوید با چه سرعتی حرکت می‌کنید. (ما همه این موضوع را در حرکت داخل آسانسور می‌دانیم؛ همین‌که آسانسور شروع به حرکت می‌کند، فقط تکانی مختصر به ما گوشزد می‌کند که در حال سکون نیستیم.)

اینشتین این ایده‌ها را در مقاله‌ی بسیار مهمی که در سال ۱۹۰۵ منتشر کرد بنا

نهاد، که یکی از سه مقاله‌ای بود که در آن سال منتشر کرد. او عنوان این مقاله را *الکترودینامیک اجسام متحرک* گذاشت، اما این مقاله چیزی را بیان می‌کند که معمولاً نظریه‌ی نسبیت خاص اینشتین خوانده شده («خاص» به این علت که بعداً نظریه‌ی «عام» او در سال ۱۹۱۵، پرداخته و منتشر شد). از آنجا که او ایده‌های بیشتری از خودش را به آن افزود، معمولاً *نظریه‌ی نسبیت خاص اینشتین* خوانده می‌شود، اما وی بدون آرای فیتز جرالد و لورنتس، در این زمینه کاری از پیش نمی‌برد. اینشتین کار خود را با پذیرفتن این ایده آغاز کرد که به نظر می‌رسد نور همواره با سرعت ثابتی حرکت می‌کند (که مایکلسون و مورلی نشان دادند)، و محاسباتی ریاضی انجام داد تا پیامد آن‌ها را مشاهده کند و دریابد. این پیامد اساساً آن چیزی بود که فیتز جرالد و لورنتس در تبدیل فیتز جرالدـ لورنتس بیان داشته بودند.

پیش‌بینی‌های تبدیل فیتز جرالدـلورنتس، که ظاهراً عجیب و غریب و باور نکردنی می‌نمودند، عملاً تأیید شده بودند. آزمایش نشان داده بود که ساعتی متحرک (مثلاً، در ماهواره‌ای که زمین را دور می‌زند) ظاهراً یک تیک کندتر از ساعتی می‌زند که بر روی زمین است؛ جرم به تناسب سرعت افزایش می‌یابد، مثلاً، برای الکترون‌هایی که نزدیک به سرعت نور حرکت می‌کنند (که این مورد هم در ظرف چند سال بعد نشان داده شد)، فواصل کوتاه می‌شوند. به این مورد هم پی بردیم که سرعت نور برای بقیه‌ی طبیعت حدی دارد. هیچ چیزی نمی‌تواند سریع‌تر از سرعت نور حرکت کند، هیچ ماده‌ای حتی نمی‌تواند به سرعت نور حرکت کند. اینشتین، با یاری اندکی از دیگران، شیوه‌ی نگرش ما به جهان هستی را از بنیاد دگرگونه کرد. ◄◄ **۱۹۰۵ اینشتین**

آلبرت اینشتین: ذرات نور

۱۹۰۵ در سال ۱۹۰۵ یک منشی گمنام آلمانی‌تبار ۲۶ ساله در اداره‌ی ثبت اختراعات سویس سه مقاله‌ی علمی در یکی از نشریه‌های علمی پیشگام منتشر کرد. یکی از این مقاله‌ها پدیده‌ای پیچیده به نام حرکت براونی (**۱۸۲۷**) را توضیح می‌داد. دیگری آن چیزی را برای نخستین بار مطرح کرد که امروزه به نام نظریه‌ی نسبیت خاص می‌شناسیم (**۱۹۰٤**). مقاله‌ی سوم، مهم و به راستی انقلابی بود، همان طور که هر سه مقاله بودند، که برای اینشتین جایزه‌ی نوبل ۱۹۲۰ را به ارمغان آورد. آن مقاله‌ی سوم شاید مهم‌ترین و پیچیده‌ترین ایده‌ی علم قرن بیستم ــ فیزیک کوانتومی ــ را پایه‌گذاری کرد و راه انداخت.

موضوع این مقاله اثر فوتوالکتریک بود که آن را هاینریش هرتز، کاشف امواج رادیویی یافته بود (۱۸۸۸). وقتی نور بر یک سطح فلزی فرود می‌آید، الکتریسیته‌ی منفی رها می‌کند، که تیغه‌ای فلزی در مجاورتش می‌تواند آن را گردآوری کند. هرتز به این امر توجهی نکرد، اما ده سال بعد هم‌وطنش فیلیپ لنارد آن را به دیده‌ی دقت نگریست. وی آزمایشی برای اندازه‌گیری مقدار انرژی الکترون‌هایی ترتیب داد که وقتی نور به فلز برخورد می‌کند، از آن بیرون می‌زنند.

لنارد فکر می‌کرد که هرچه شدت نور بیشتر باشد، الکترون‌های بیرون جهیده هم پر انرژی‌تر باشند، اما چنین نبود. نور بیشتر، الکترون‌های بیشتری را رها و جریان الکتریکی بزرگ‌تری را برقرار می‌کرد، اما انرژی آن‌ها را تغییر نمی‌داد. موضوع بسیار عجیبی بود. آنچه که اهمیت داشت رنگ این نور بود. نور آبی الکترون‌های با انرژی بیشتری تولید می‌کرد تا نور قرمز؛ اگر نور خیلی قرمز بود، اصلاً الکترونی به بیرون گسیل نمی‌شد.

فیزیک کلاسیک، که در قرن نوزدهم بسی موفق بود، در اینجا در هاله‌ای تاریک فرو رفت؛ هیچ پاسخی برای این ماجرای عجیب نداشت. اما در آغاز قرن بیستم، اینشتین این پاسخ را ارائه داد. او می‌دانست که ماکس پلانک (۱۹۰۰)، هم‌وطنش، رازهای تابش از اشیای داغ را با این فرض توضیح داده است که انرژی می‌تواند فقط به صورت بسته‌هایی («کوانتوم») با اندازه‌ی مشخص انتقال یابد، ومقدار انرژی در یک بسته به بسامد (رنگ) نور مربوطه یا تابش فروسرخ، بستگی دارد.

اینشتین، در حرکتی ریشه‌ای و بنیادستیز به این بسته‌های انرژی موجودیت مستقل بخشید. به گفته‌ی وی، نور می‌تواند چنان رفتار کند که گویی جریان مداوم و یکنواختی از این بسته‌های انرژی، یا «کوانتوم‌های نور»، است که بعداً به آن‌ها «فوتون» گفتند. بنا بر نظر پلانک، هر چه نور آبی‌تر باشد (یعنی، بسامدش بالاتر) هر کوانتوم نور انرژی بیشتری را می‌تواند حمل کند. مقدار معینی انرژی لازم است تا الکترون‌ها را بیرون بکشد، از این رو فقط نوری که خیلی قرمز نباشد قادر به این کار است. اگر کوانتوم‌های نور انرژی بیشتری را نسبت به حداقل انرژی حمل کنند، این انرژی سرانجام به الکترون منتقل می‌شود، از این رو انرژی فوتون‌ها فقط بستگی به رنگ نور دارد. کوانتوم‌های بیشتر (نور شدیدتر) صرفاً به معنای آزاد شدن الکترون‌های بیشتر است. به نظر می‌رسید همه‌ی شواهد با این تلقی و برداشت سازگارند.

«فیزیکدانان کلاسیک» که نور در نزد آنان نور قطعاً موجی بود، و به مدت یکصد سال هم چنین بوده است (**۱۸۰۱ یانگ**)، به خشم آمدند. یکی از صریح‌اللهجه‌ترین

آنان آزمایشگر برجسته‌ی آمریکایی، رابرت میلیکان، بود. وی ده سال برای اثبات اشتباه بودن ایده‌های اینشتین زحمت کشید و جهد کرد اما ناکام ماند. تمامی آزمایش‌های وی مؤید نظر اینشتین مبنی بر ذره‌ای بودن نور بود. اما باز هم فیزیکدانانی که جانب اینشتین را می‌گرفتند، انگشت‌شمار بودند.

در سال ۱۹۲۲، درحدود زمانی که فیزیک کوانتومی، که به ایده‌های اینشتین بسی مدیون است (اما وی عاقبت آن فیزیک را انکار کرد)، یک گواه جدید تعیین‌کننده به این میدان گام نهاد که آن ایده‌ها را سرانجام تأیید کرد. آرتور کامپتون آمریکایی آزمایشی انجام داد که در آن پرتوهای ایکس یا پرتوهای گاما (که حالا دیگر رابطه‌ی تنگاتنگ آن‌ها را با نور می‌دانستند) الکترون‌های کُند را باز می‌تابانیدند. بسامد این تابش بر اثر برخورد کاهش می‌یافت. این آزمایش قویاً اظهار می‌داشت که پرتوهای ایکس و پرتوهای گاما در واقع مانند ذره رفتار می‌کنند، و قسمتی از انرژی‌شان را به الکترون‌ها داده‌اند. و به همین علت بسامدشان پایین‌تر می‌آمد. در اینجا نیز بهترین پاسخ را اینشتین می‌داد.

نبرد خاتمه نیافت. نور در بسیاری موارد باز هم رفتاری موجی از خود بروز می‌داد، مانند تداخل و پراش (**۱۸۰۱ یانگ**)، و رفتار پرتوهای ایکس هم به همین منوال از کار درآمده بود (**۱۹۱۵ براگ**). به این ترتیب اینشتین در نهایت می‌گفت آنچه که معمولاً به عنوان موج تلقی می‌شود می‌تواند در حکم ذره هم انگاشته شود. لویی دوبروی فرانسوی پس از کوتاه زمانی اعلام کرد که عکس این حالت نیز صادق است (۱۹۲٤). **۱۹۰۷ ◄◄**

فردریک گاولند هاپکینز: آمین‌های حیاتی

۱۹۰۶

امروزه اهمیت ویتامین‌ها و پیامدهای نبودشان در سلامتی آدمی را همگان پذیرفته‌اند، اما این نام فقط یک قرن عمر دارد و سن و سال این مفهوم هم طولانی‌تر از آن نیست. این نام را (تحت عنوان «ویتامین») در سال ۱۹۱۲ کازیمیر فونک، دانشمند لهستانی، ابداع کرد. وی «ویتا» (به معنای «حیات») را با آمین، یک گروه مواد شیمیایی معمولی حاوی نیتروژن، ترکیب کرد. وی قبلاً یکی از این ترکیب‌ها را جدا کرده بود که آن را تیامین نامید و از سبوس برنج آن را استخراج کرد.

حکایت سبوس برنج اندکی قدیمی‌تر است. در سال ۱۹۰۵، ویلیام فلچر، پزشک انگلیسی، پی برده بود که می‌توان از یک بیماری گرمسیری خطرناک به نام بِری بِری

پیشگیری کرد در صورتی که مردم برنج پاک نکرده، یعنی سبوس‌دار، بخورند. فلچر عقیده داشت که سبوس حاوی مقدار ماده‌ی غذایی خاص برای دفع این بیماری است. هفت سال بعد، فونگ آن ماده را یافت.

نامی که با حکایت ویتامین عجین شده، فردریک هاپکینز، طبیب انگلیسی است، هر چند که فقط جزء کوچکی از زندگی حرفه‌ای پر آوازه‌اش را به این امر اختصاص داد. هاپکینز، از منسوبان جرارد مانلی پاپکینز شاعر، افتخارات زیادی کسب کرد: عنوان سر، نشان شایستگی، ریاست انجمن سلطنتی (بلافاصله بعد از ارنست رادرفورد) و جَایزه‌ی نوبل طبِ سال ۱۹۲۹. وی که از طریق بازی کردن با میکروسکوپ قدیمی پدرش به دنیای عَلم گام نهاد، از مدرسه بسیار گریزان و گریزپا بود. در یک دفتر بیمه و سپس به عنوان دستیار در دادگاه به کار پرداخت و بعد به دنیای طب روی آورد.

در حدود سال ۱۹۰۶ هاپکینز متقاعد شد که مقادیر اندک مواد شیمیایی کمپلکس خاص («عامل‌های رشد») برای سلامتی نقش اساسی دارند. وی شروع به محدود کردن قند، نشاسته، نمک و پروتئین شیر در رژیم غذایی موش‌ها کرد. آن‌ها مریض شدند و تنها وقتی بهبود یافتند که به آن‌ها شیر کامل خورانده شد. واضح است که این شیر حاوی مقداری از این مواد شیمیایی کمپلکس اساسی بود. هاپکینز دو تا از این مواد را جدا کرد: یکی را بعداً ویتامین C نامیدند و دیگری آمیزه‌ای از ویتامین‌های A و D از کار درآمد. تیامین فونک اولین ویتامین از گروه ویتامین‌های B بود. تا سال ۱۹٤۰ ویتامین‌های دیگری باز شناخته شده بودند: B2 (ریبوفلاوین)، B3 (نیاسین)، B4 (فولیک اسید)، B6 (نیکوتنیک اسید) و B12. پژوهشگران پرشور و مشتاق سایر مواد شیمیایی را B5 و B7 تا B11 نامیدند، اما بعداً ثابت شد که این‌ها با این تعریف همخوانی ندارند؛ یا این‌که واقعاً برای سلامتی اساسی نیستند یا در بدن می‌توانند ساخته شوند.

نقش ویتامین D در جلوگیری از نرمی استخوان (راشی‌تیسم)، تغییر شکل فلج کننده‌ی استخوان، به وسیله‌ی ادوارد ملان‌بای در سال ۱۹۲۲ معلوم شد، که راه و روشی بود که طی آن این ماده در پوست با عمل نور فرابنفش تابش خورشید (**۱۸۰۲**) سنتز (ساخته و ترکیب) می‌شود (که به معنای واقعی کلمه به این معناست که D یک ویتامین نیست). ویتامین E در سبزیجات برگی در همان سال یافت شد. داستان ویتامین C (اسکوربیک اسید) به **۱۷٤۷** برمی‌گردد که جیمز لیند پی برد آب و شیره‌ی مرکبات از اسکوربوت جلوگیری می‌کند. این ویتامین در سال ۱۹۱۲ شناسایی شد، و در سال ۱۹۳۵ نخستین ویتامینی بود که به طور مصنوعی ساخته و تولید شد.

آلبرت اینشتین: مشهورترین معادله

۱۹۰۷

یک معادله در علم هست که همه کس آن را می‌شناسند، حتی اگر معنی آن را به درستی ندانند: $E = mc^2$، که E انرژی، m جرم و c سرعت نور است. بنابراین معادله ماده می‌تواند به انرژی تبدیل شود و برعکس، سرعت نور عددی بسیار بزرگ، ۳۰۰,۰۰۰ کیلومتر بر ثانیه است. در این معادله این عدد در خودش ضرب می‌شود، به این ترتیب مقدار اندکی ماده مقدار عظیمی انرژی رها می‌کند. هرگاه یک کیلوگرم ماده، برابر با جرم یک لیتر آب، به تمامی به انرژی تبدیل شود، به اندازه‌ی انرژی ۱۰ میلیون تُن نفت خواهد بود.

از دیرباز ماده و انرژی را جدا از یکدیگر تلقی می‌کرده‌اند، هرچند که هر کدام را جداگانه «پایسته» فرض می‌کردند که نمی‌توانست نابود شود. پایستگی (بقای) ماده و پایستگی انرژی در زمان خودشان «قوانین طبیعت» شمرده می‌شدند. اکنون این «جرم به اضافه‌ی انرژی» است که پایسته ظاهر می‌شود. در حرکت بی‌پایان برای وحدت در میان پدیده‌های طبیعت، می‌توان ماده و انرژی را در حکم دو روی یک سکه مشاهده کرد.

این دید جدید از نظریه‌ی نسبیت خاص اینشتین (۱۹۰۴) جاری می‌شود. بنا بر این نظریه، هر چه سرعت اشیای متحرک به سرعت نور نزدیک شود، سنگین‌تر می‌شوند؛ عملاً هرگز نمی‌توان به سرعت نور رسید. این امر دستاویزی درباره‌ی «تعادل جرم / انرژی» برای ما فراهم می‌آورد. انرژی حرکت یک شیء هم به جرمش و هم به سرعتش وابسته است. فرض کنید موشکی داریم که می‌تواند به سرعت نور برسد. اگر موتور آن را روشن نگه داریم و انرژی برایش تهیه کنیم، در این صورت برای حداکثر سرعتش حدی وجود دارد. به این ترتیب به یک معنی، انرژی به ماده تبدیل شده است. به گفته‌ی اینشتین، جرم یک جسم معیاری از محتوای انرژی آن است.

> *اکثر ایده‌های بنیانی علم اساساً ساده‌اند، و ممکن است، قاعدتاً به زبان قابل فهم همگان بیان شوند.*
>
> آلبرت اینشتین

توضیح کامل‌تر این مفهوم، از نوعی که اینشتین در سال ۱۹۰۷ نوشت، ریاضیاتی است، اما مدرکی که حاکی از برقرار بودن این رابطه باشد، همه جا یافت می‌شود.

پایستگی ماده‌ای که به انرژی تبدیل می‌شود، توان خورشید و ستارگان را تأمین می‌کند (**۱۹۲۰**)؛ چهار میلیون تن ماده‌ی خورشید در هر ثانیه از بین می‌رود تا جای خود را به انرژی‌ای بسپارد که خورشید را همچنان درخشان نگه دارد. شکافت هسته‌ای (**۱۹۳۸**) که توان نیروگاه‌های هسته‌ای و جنگ‌افزارهای هسته‌ای را تأمین می‌کند به همین ترتیب جرم را به انرژی تبدیل می‌کند. تولید زوج «ذرات آینه‌ای» از انرژی خالص (**۱۹۲۸ دیراک**) مثالی کم‌تر معمولی است. به این ترتیب، $E = mc^2$ انصافاً شناخته‌ترین معادله در جهان علم است. رابطه‌ای که این معادله آن را جمع‌بندی می‌کند، یکی از بنیادی‌ترین روابط در طبیعت به‌شمار می‌آید. **۱۹۱۵ ◀◀**

جی جی تامسون: توزین اتم

۱۹۰۷ لامپ‌های پرتو کاتدی سالیان سال فیزیکدانان آلمانی و انگلیسی را به خود مشغول کرده بود (**۱۸۵٤ گایسلر**)، و وقتی هم که جی جی تامسون، فیزیکدان انگلیسی، از یکی از آن‌ها برای اثبات این امر بهره گرفت (**۱۸۹۷**) که پرتوهای کاتدی ذراتی به نام الکترون‌اند، که در لوله‌ی تخلیه از کاتد منفی به آند مثبت می‌روند، این علاقه و توجه رنگ نیافت. پژوهشگران آلمانی همان موقع چیز دیگری را در حال حرکت یافته بودند ــ ذرات با بار مثبت (یا یون) بسیار سنگین‌تر از الکترون‌ها که در مسیر دیگری راه می‌سپردند. این ذرات را می‌شد با تعبیه‌ی سوراخی در کاتد متمرکز کرد تا به دام افتند؛ این ذرات را تا مدتی «پرتوهای کانال» می‌گفتند.

جی جی می‌دانست که این «پرتوها» عملاً جریان‌های اتم‌هایند که یک یا چند الکترون‌شان را ندارند. وی الکترون‌ها را در میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی عبور داده بود تا نسبت بار به جرم آن‌ها را بیابد. از حدود ۱۹۰۷ این کار را در مورد پرتوهای کانال هم انجام داده بود. وی همان موقع می‌دانست که بار یون‌ها یک یا دو یا سه برابر بار الکترون (اما مثبت، و نه منفی) است، و از این رو با وارد کردن پرتو کانال به خم شدن در میدان مغناطیسی، عملاً «اتم‌ها را توزین می‌کرد»، تا نتایج بسیار بهتری را نسبت به شیمیدانان قرن نوزدهمی که به اندازه‌گیری وزن اتمی دست زده بودند، کسب کنند.

کار دشواری بود اما اتم‌های بسیاری از عناصر مختلف برای نخستین بار مستقیماً توزین شدند. البته، شگفتی‌هایی به بار آمد. وقتی گاز نئون وارد دستگاه شد، به جای

یک ذره که وزن آن باید اندازه‌گیری می‌شد دو ذره، ۲۰ واحدی (اکسیژن ۱٦ واحدی است)، و ۲۲ واحدی از آن بیرون آمد، همراه با اتم‌های سبک‌تر که خیلی فراوان‌تر بودند. شیمیدان‌های قدیمی‌تر مقدار میانگین ۲۲/۲) را به دست آورده بودند، که البته آن‌ها را سردرگم و گیج کرده بود. اکنون برای این معما پاسخی فراهم آمده بود. در واقع دو نوع نئون، از لحاظ خواص شیمیایی یکسان، وجود دارد، یکی کمی‌سنگین‌تر از دیگری.

جی جی این فناوری جدید را «طیف‌نمای جرم»، در قیاس با طیف‌نمایی نامید که در آن یک منشور یا توری نور را به دو رنگ تقسیم و طول موجش را اندازه‌گیری می‌کرد. همکاران دانشگاه کمبریج زمام کارها را به دست گرفتند. فردریک سادی به انواع گوناگون یک عنصر با جرم‌های مختلف لقب «ایزوتوپ» داد. فرانسیس اشتون تمامی عمرش را بر سر این موضوع کار کرد (برنده‌ی جایزه‌ی نوبل شیمی ۱۹۲۲). از ۳۰۰ ایزوتوپ شناخته شده، وزن ۲۰۰ تا را اندازه گرفت، وی راز درازمدت جرم کلر را آشکار کرد. اشتون ثابت کرد که کلر دارای دو ایزوتوپ، Cl_{35} و Cl_{37}، است که فراوانی ایزوتوپ اول سه برابر ایزوتوپ دوم است.

تقریباً تمام عناصر آزمایش شده ایزوتوپ داشتند. کریپتون پنج ایزوتوپ داشت. تعداد ایزوتوپ‌های اورانیم دو تا، U_{235} و U_{238}، بود که این تمایز بنا بر رویدادهای بعدی بسیار مهم از کار درآمد (**۱۹۳۸**). چالش بعدی عبارت بود از تلاش برای جدا کردن ایزوتوپ‌ها در بیشتر از مقادیر بسیار ناچیزی که طیف‌نماهای جرم اندازه می‌گرفتند، با توجه به این‌که تفاوت ایزوتوپ‌ها فقط در جرم آن‌هاست.

کامرلینگ اونس: هلیم مایع و اَبَررسانندگی

۱۹۰۸

در نیمه‌ی قرن نوزدهم، مدت زمان کوتاهی پس از این‌که لرد کلوین (ملقب به ویلیام تامسون) اعلام کرد که برای دما یک کم‌ترین مقدار ممکن وجود دارد، که آن را صفر مطلق نامید (**۱۸۴۸**)، شور و شوق و تکاپویی برای رسیدن به دمایی حتی پایین‌تر از این میزان به راه افتاد. چند سالی بعد، کلوین در همکاری با جیمز ژول اثر کلوین‌ـژول را کشف کرد (**۱۸۵۲**)، که نشان می‌داد گازها چگونه می‌توانند از طریق بارها فشرده (منقبض) و سپس منبسط شدن، سرد شوند. همین‌که به زیر «دمای بحرانی» می‌رسید، افزایش فشار می‌توانست ذرات گاز را جمع کند تا مایع تشکیل شود.

گازهای عمده یک به یک مایع شدند: اول از همه هوا، سپس اکسیژن و نیتروژن جداگانه در حدود ۱۰۰ زیر صفر یا ۱۷۰ در مقیاس مطلق (۱۷۰K). حالا دیگر این جستجو عنوان خاص خود را یافته بود: «زمزایی»[1]، که به اصطلاح تحت‌اللفظی به معنی «یخ ساختن» است. اختراع فلاسک دوئر (ظرف دوئر) به دست فیزیکدان انگلیسی، جیمز دوئر به خیلی سرد کردن اشیاء کمک کرد. این ظرف اساساً عبارت بود از «ظرف یا فلاسک ترموسی» که امروزه می‌شناسیم، با بهره‌گیری از خلأ به منظور محدود کردن جریان گرما. رفتار کربن دیوکسید با سایر گازها فرق می‌کرد. در فشارهای معمولی، این گاز اصلاً مایع نمی‌شود، مستقیماً از گاز به صورت جامد درمی‌آید («یخ خشک»).

هیدروژن در برابر مایع شدن مقاومت می‌ورزد تا این‌که دمایش فقط به ۲۰ بالای صفر مطلق (۲۰K یا ۲۵۳°C-) افت کند. کامرلینگ اونس، فیزیکدان هلندی، تیمی را هدایت کرد که در ۱۹۰٦ به این دما رسید و سپس در سال ۱۹۰۸ در دمای ٤K بر هلیم چیره شد. کارهای بعدی آن‌ها دما را باز هم پایین‌تر کشید، تا کم‌تر از یک درجه بالای صفر مطلق (۲۷۲°C)، که این شوخی را بر زبان‌ها جاری کرد که سردترین مکان در کره‌ی زمین در بخش فیزیک دانشگاه لیدن یافت می‌شود. اونس جایزه‌ی نوبل فیزیک سال ۱۹۱۳ را دریافت کرد.

کشف‌ها و یافته‌ها در همین‌جا متوقف نشد. اگر یک حلقه از جنس قلع، سرب یا حتی جیوه‌ی منجمد در هلیم مایع فرو برده شود، جریانی الکتریکی، که همان موقع برقرار شده، ظاهراً همچنان به مدت نامحدودی جاری می‌شود. تمامی مقاومت الکتریکی در این حالت از بین می‌رود؛ این نخستین مثال «اَبَررسانندگی یا اَبَررسانایی» به‌شمار می‌رفت. در آن موقع، این کار به چنان دمای پایینی نیاز داشت که تصور هر گونه استفاده‌ای از آن دشوار بود.

خود هلیم مایع چیزهای عجیب و غریبی بروز می‌داد. به نظر می‌رسید که تمام مقاومتش در برابر حرکت (گرانروی یا وشکسانی)[2] آن از بین می‌رود، و به «اَبَرشاره»[3] تبدیل می‌شود. در فلاسک ساکن نمی‌ماند، بلکه به بالا و اطراف جاری می‌شود. فیزیک «کلاسیک» قدیمی از توضیح اَبَرشاره‌ها و اَبَررساناها ناکام و عاجز ماند. فقط «فیزیک کوانتومی» جدید (**۱۹۲۷**)، با قواعد خاصی که برای رفتار اشیای بسیار کوچک تدوین کرد، می‌توانست این کار را انجام دهد، و سرانجام هم به این کار موفق شد.

---

1. cryogenics
2. viscosity
3. superflux

کارل لانتشتاینر: انواع خون

۱۹۰۹

در سال ۱۸۱۸ جیمز بلوندل متخصص زنان و زایمان انگلیسی بیماری را درمان می‌کرد که پس از زایمان به خونریزی شدیدی افتاده بود. وی که نگران جان آن زن بود، از بازوی همسر وی با سرنگ خون گرفت و آن را به زن بیمار تزریق کرد. آن زن نجات یافت، نخستین انتقال خون موفقیت‌آمیز در تاریخ به ثبت رسید، و در مورد اکثر بیماران بعدی بلوندل نیز همین اتفاق افتاد. شاید وی خوش‌اقبال بود، زیرا در موارد انتقال خون غالباً اشتباه رخ می‌داد و بیمار می‌مرد.

برای پزشکان این شک و گمان پیش آمد که تمامی انواع خون سازگار نیستند، و این‌که خون بیمار ممکن است سبب لخته شدن خون داده شده شود، و این اتفاق گاه به پیامدهای فاجعه‌بار می‌انجامد. نخستین کسی که به طور منظم روی این موضوع به کاوش پرداخت کارل لانتشتاینر اتریشی بود، که در آن موقع در بیمارستانی در وین کار می‌کرد. تا سال ۱۹۰۹ وی توانسته بود خون را به چهار گروه عمده، که آن‌ها را A، B، O و AB نامید، تقسیم کند. یافتن نوع خون سازگاری را میسر می‌کرد، هرچند که به زودی معلوم شد که خون نوع O می‌تواند بدون خطر به هر کسی بخورد («دهنده‌ی عمومی»)، و کسی که خونش AB باشد می‌تواند از همه خون بگیرد («گیرنده‌ی عمومی»). این پیشرفت‌ها انتقال خون را بسیار سالم‌تر کرد.

تحقیقات بیشتر به یافتن دلایلی برای این موضوع ختم شد. در درون سطح هر گلبول قرمز یک نشانگر، «پادگنی» که یا A است یا B، هرچند بعضی‌ها هر دو پادگن (AB) را دارند و بعضی‌ها هیچکدام (O) را. سامانه‌ی دفاعی ما در آشکارسازی و رد کردن خونی با نوع نشانگر اشتباه، به اوج خود می‌رسد. بیماران نوع A هرگونه حامل B را رد می‌کنند؛ بیماران B حامل A را نمی‌پذیرند.

این انواع خون موروثی‌اند؛ آن‌ها حاوی ژن‌هایی برای A و B هستند، هرچند که هیچکدام «چیره» نیستند (۱۸٦۵). لانتشتاینر برای انواع خون استفاده دیگری را یافت ــ به عنوان «مدرک معتبر و محکمه‌پسند» در دادگاه‌ها، مثلاً، برای کمک به تعیین اصل و نسب پدری. لانتشتاینر به یافتن عامل ارهاش (عامل رسوس) در خون کمک کرد (این عامل به این علت چنین خوانده شده که نخستین بار در میمون‌های رسوس شناسایی شد). این عامل یا مثبت است یا منفی.

هرچند که کشف گروه‌های خونی برای لانتشتاینر جایزه‌ی نوبل ۱۹۳۰ را به ارمغان آورد، به افتخار کشف‌های بسیار دیگری هم نایل آمد، از جمله کشف ویروس عامل

فلج اطفال، و آزمونی برای سیفلیس. وی حوزه‌ی جدید مطالعاتی به نام ایمنی‌شناسی را بنیاد نهاد، که در دهه‌های بعدی که به فهم مطالب بیشتری درباره‌ی دفاع طبیعی خود در مقابل بیماری‌ها نایل آمدیم، بسیار مهم از کار درآمد.

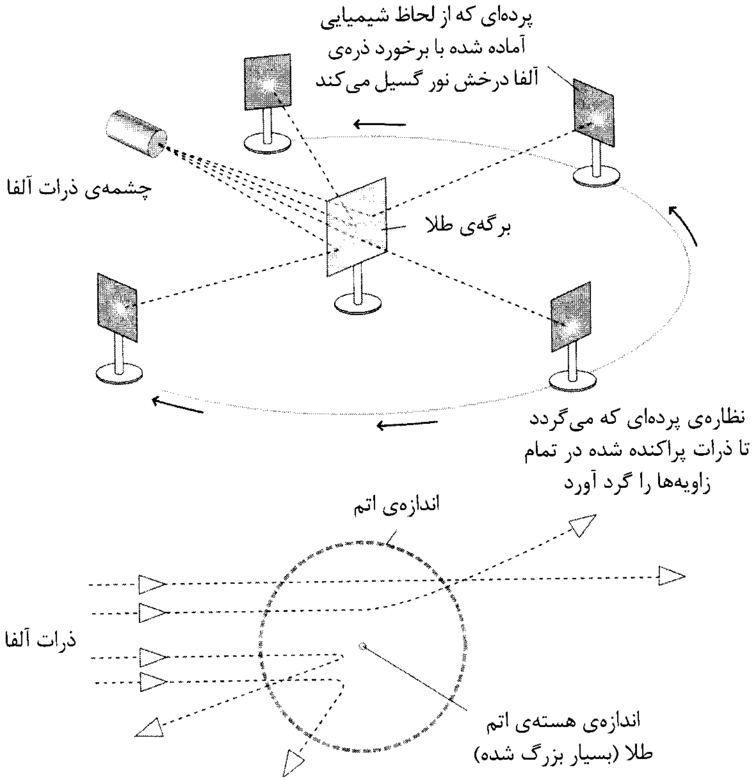
ارنست رادرفورد، هانس گایگر و ارنست مارسدن: هر اتم یک هسته (مغز) دارد

۱۹۰۹

در سال **۱۸۹۹** جان جوزف (جی جی) تامسون، فیزیکدان انگلیسی، جهان را با مدل اتمی «کیک کشمشی» خود شگفت‌زده کرد: الکترون‌های نویافته‌ی با بار منفی (**۱۸۹۷**) توده‌ی ماده‌ی مثبت‌باری را گل‌میخ‌کاری می‌کردند که اتم ساخته شود. فقط ده سال بعد این تصویر تحت فشار چالش سنگینی قرار گرفت.

ارنست رادرفورد، فیزیکدان اهل زلاند نو که در آزمایشگاه کاوندیش در کمبریج زیر دست جی جی کار می‌کرد و قبلاً به خاطر کشف عناصر پرتوزا جایزه‌ی نوبل دریافت داشته بود، اکنون در دانشگاه منچستر به فیزیک روی آورده بود. وی بهره‌گیری از ذرات آلفای خروجی از عناصر پرتوزا را به عنوان کاوشگر برنامه‌ریزی کرد تا محتویات کیک کشمشی جی جی را بیازماید. دو دانشجوی پژوهشی، هانس گایگر آلمانی (**۱۹۱۲**) و ارنست مارسدن انگلیسی، که بعداً در زلاند نو استاد شد، یک برگه‌ی طلا مهیا کردند؛ طلا سنگین‌ترین اتم‌هایی را داشت که به آسانی دسترس‌پذیر بودند و می‌شد آن‌ها را چکش‌کاری کرد تا به برگه‌ی بسیار نازکی تبدیل شود. در یک طرف این برگه یک چشمه‌ی ذرات آلفا قرار دادند؛ در طرف دیگرش پرده‌ای نصب کردند که وقتی ذره‌ی آلفا به آن برخورد می‌کرد، می‌درخشید. آنان به کمک یک میکروسکوپ تعداد این «برخوردها» را شمردند.

در ابتدا، همه چیز مطابق پیش‌بینی‌های مدل جی جی بود. اکثر ذرات آلفا همچنان‌که از برگه عبور می‌کردند، صرفاً تغییر جهت می‌دادند. اما، تعدادی کم اما درخور توجه به اندازه‌ی ۱۰ درجه یا بیشتر از مسیرشان منحرف می‌شدند. گایگر و مارسدن، به تشویق و دلگرمی رادرفورد، به جستجوی انحراف‌های حتی بزرگ‌تری پرداختند و آن‌ها را نیز یافتند، از جمله (و این به راستی آن‌ها را تکان داد) چند تایی ذره آلفا به جایی برگشت داده شدند که از آنجا آمده بودند. گمان می‌رود رادرفورد به شنیدن این خبر اشک شوق به چشم جاری کرده است؛ وی ادعا کرد که این امر چنان بود که گویی گلوله‌ی توپی را به یک تکه دستمال کاغذی شلیک کرده باشید و پس از برخورد به آن برگشته و به خود شما اصابت کرده باشد.

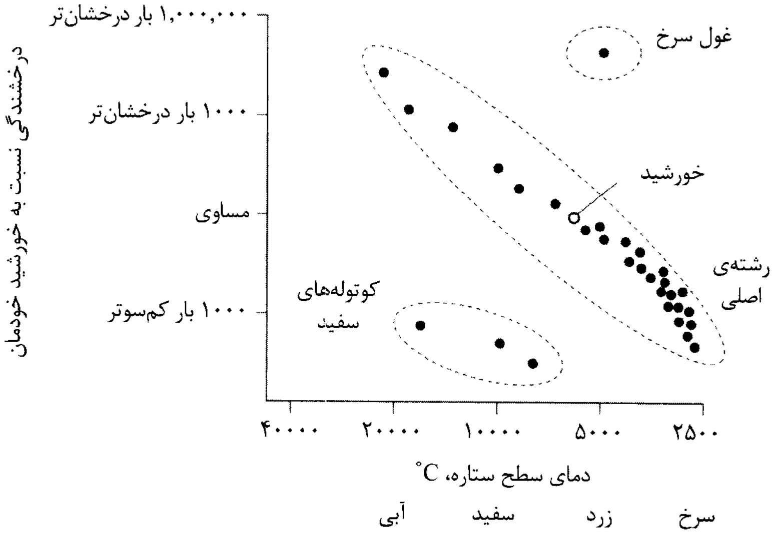


ابزار و تجهیزاتی که با آن مارسدن و گایگر، با هدایت رادرفورد، به کشف مهم هسته‌ی اتم نایل آمدند. نمودار پایینی نشان می‌دهد که چگونه انحراف ذرات آلفا به میزان نزدیکی‌شان به هسته‌ی ریز، بستگی دارد.

رادرفورد فوری علت این امر را دریافته بود. تکه‌ای از بار مثبت در اتم ذرات آلفای با بار مثبت را منحرف کرده بودند. از آنجا که تقریباً تمامی ذرات مستقیماً از پرده‌ی آشکارساز عبور کرده و فقط چندتایی از آن‌ها در جهت‌های دیگری رفته بودند، آن تکه بار مثبت ناگزیر باید بسیار کوچک، در واقع ۱۰,۰۰۰ بار کوچک‌تر از کل اتم بوده باشد. اگر می‌شد اتم را بزرگ کرد و به اندازه‌ی یک زمین بازی کریکت رساند، هسته‌ی اتم به اندازه‌ی توپ کریکت می‌شد. کیک کشمشی عملاً به طور عمده فضای خالی بود. به قول رادرفورد: «این باورنکردنی‌ترین رویدادی است که در زندگی برایم پیش آمده است». ◄◄ **۱۹۱۱ رادرفورد، ۱۹۱۲ گایگر**

آینار هرتسپرونگ و هنری راسل: رده‌بندی ستارگان

۱۹۱۰ نگاهی سریع و اجمالی به آسمان شب معلوم می‌دارد که «یک ستاره یک ستاره است» اما در واقع، تنوع عظیمی بر ستارگان حکمفرماست. بعضی درخشان‌اند، بعضی کم‌سو. بعضی ممکن است سفید یا مایل به سفید باشند، بعضی رنگ آبی، و بعضی هم نارنجی یا حتی سرخ داشته باشند. رنگ، دمای سطحی ستاره را، دست‌کم نسبت به ستاره‌ی ما یعنی خورشید، منعکس می‌کند. ستارگان آبی از خورشید ما داغ‌تر، و ستارگان سرخ سردترند، ستارگان سفید با خورشید تقریباً هم دمایند. درخشندگی پیچیده‌تر است. برخی ستارگان از ستارگان دیگر دورترند: این امر را از اندازه‌گیری اختلاف منظر (**۱۸۳۸**) درمی‌یابیم. اما حتی وقتی این عامل را هم به حساب آوریم، بعضی ستارگان ذاتاً درخشان‌تر از ستارگان دیگرند. به طور کلی، ستارگان درخشان‌تر، نسبت به ستارگان کم‌سو، بزرگ‌ترند.



نزدیک‌ترین ستارگان به ما در فضا روی این نمودار بنا بر رنگ یا دمای‌شان (محور افقی) و درخشندگی‌شان در قیاس با خورشید (محور قائم) آراسته شده‌اند. این نمودار سه گروه‌بندی اصلی ـــ رشته‌ی اصلی، کوتوله‌های سفید و کوتوله‌های سرخ ـــ را نشان می‌دهد و حاکی از آن است که خورشید، نسبت به میانگین اندکی درخشان‌تر و داغ‌تر است.

در حدود سال ۱۹۱۰ دو پژوهشگر، آینار هرتسپرونگ دانمارکی و هنری راسل آمریکایی، نخست مستقل از یکدیگر، دست به ترسیم نمودار تغییرات این متغیرها روی یک منحنی زدند، که به زودی تحت عنوان نمودار هرتسپرونگ- راسل (HR) شهرت یافت. بزرگ‌ترین و درخشان‌ترین ستارگان در بالاترین نقطه مشخص شدند، ستارگان کوچک‌تر و کم‌سوتر در پایین‌ترین نقطه‌ی منحنی. ستارگان آبی داغ در سمت چپ، ستارگان سرخ سرد در سمت راست منحنی واقع شده‌اند.

آرایش این ستارگان به نحو چشمگیری است. تقریباً تمام ستارگان، تقریباً ۹۰ درصدشان، روی خط طولانی باریکی از بالا سمت چپ (خیلی داغ و خیلی درخشان) تا راست پایین (سرد و کم‌سو) قرار دارند. خورشید ما جایی در میانه‌ی این خط است، که آن را رشته‌ی اصلی می‌گویند. به مرور زمان، دو گروه دیگر شکل گرفتند: یکی در سمت راست بالاتر، سرخ اما درخشان و بنابراین بزرگ («غول‌های سرخ»)؛ دیگری به سوی پایین (ته)، مایل به داغ (سفید) اما کم‌سو و بنابراین کوچک. به این ستارگان اخیر «کوتوله‌های سفید» لقب دادند. با تثبیت این طبقه‌بندی ستارگان، چالش عظیم عبارت بود از توضیح آن. چرا غول‌های سرخ و کوتوله‌های سفید نسبتاً کمیاب و نادر بودند؟ واقع بودن بر رشته‌ی اصلی متضمن چه خصوصیتی بود؟ در آن زمان حتی قطعاً نمی‌دانستند که ستارگان چگونه برون‌ریزی و فوران چشمگیر انرژیشان را حفظ می‌کنند. ابتدا باید از این موضوع فهم و درکی به دست می‌آمد (**۱۹۲۰ ادینگتون**)؛ جزئیات بیشتری از این موضوع در سال **۱۹۳۸** آشکار شد (**بته و فون وایتسکر**).

پاول ارلیش: مواد شیمیایی بر علیه بیماران

۱۹۱۰

کشف رنگدانه‌ی بنفش زیبا در قطران ذغال سنگ به وسیله‌ی ویلیام پرکین، که قبلاً آن را پسماند و زباله تلقی می‌کردند (۱۸۵٦)، در میان شیمیدانان یک «یورش به سوی طلا» را آغاز کرد. آنان شروع به کاوش و یافتن و شناسایی تمامی انواع ترکیب‌های شیمیایی، بسیاری از آن‌ها «آلی» (حاوی کربن)، کردند. با بهبود یافتن روش‌ها، صدها یا حتی هزاران ترکیب شیمیایی استخراج و نام‌گذاری شد. در نتیجه معرفت ما به شیمی فوق‌العاده دامنه یافت، اما منشور و دستورالعمل اصلی عبارت بود از یافتن موادی شیمیایی که در راهی، مثلاً صنعت یا پزشکی، مفید باشند: رنگ‌ها، داروها یا مواد سنتزی که بتوان آن‌ها را تولید کارخانه‌ای کرد و فروخت.

این دیدگاه که برخی از این مواد شیمیایی جدید باید به مهار بیماری و ارتقای

سلامت کمک کنند، انگیزه‌ی اصلی پاول ارلیش، پزشک آلمانی که سال‌های اولیه‌ی حرفه‌ای‌اش را در کار کردن کنار رابرت کخ سپری کرده بود، قرار گرفت. کخ کاشف موجودات ذره‌بینی عامل سیاه زخم و سل بود (۱۸۷٦). ارلیش، در اوایل کاوش رنگ بنفش پرکین را برای رنگ کردن بافت‌های حیوانی و موجودات ذره‌بینی مفید یافته بود، از این رو جنبه‌هایی که معمولاً نامرئی بودند آشکار شدند. والتر فلمینگ هم به نتایج مشابهی رسیده بود (۱۸٦۹). (باکتری‌شناسان هنوز هم از شیوه‌هایی بهره می‌برند که بر پایه‌ی روش‌های پیشگامانه‌ی ارلیش استوارند.)

تا اوایل قرن نوزدهم، ارلیش عمیقاً درگیر «شیمی‌درمانی» شد، در جستجوی موادی شیمیایی که می‌توانستند اندام‌های بیمار مشخصی را هدف قرار دهند ــ به قول خودش «گلوله‌های جادویی». این کار مشتمل بود بر آزمودن صدها ماده‌ی شیمیایی در جستجوی موادی که برای مقاصد او کارآمد باشند؛ صدها ماده‌ی شیمیایی از میان چندین هزار از آن‌ها بر پایه‌ای انتخاب شد که به شیوه‌ای ساخته شدند که احتمال موفقیت‌شان بیشتر بود.

آوازه‌ی ارلیش عمدتاً بر پایه‌ی سالوارسان[1] استوار است که ماده‌ای شیمیایی حاوی ارسنیک است که موجود زنده‌ی عامل سیفلیس («اسپیروکت»، باکتری پیچ‌دار) را می‌کشد. شماره‌ی این نخستین داروی موفقیت‌آمیز در رشته آزمایش‌های فرساینده‌ی او ٦۰٦ بود (هر چند که در نخستین آزمایش‌اش نامؤثر بود)؛ بعداً، شماره‌ی ۹۱٤ (غیر سالوارسان) حتی بهتر از کار درآمد. الریش، که کم غذا می‌خورد، با وجود ۲۵ نخ سیگاری که هر روز می‌کشید و همیشه یک پاکت سیگار در جیب داشت، و با این همه زحمت دوام آورد.

ارلیش، مانند خیلی‌ها پیش و بعد از خودش، ناگزیر بود با مخالفان ایده‌ها و روش‌های جدیدش مبارزه کند، اما پا برجای ماند، و به این ترتیب برای بهداشت همگانی مفید واقع شد و محبوبیتش را استحکام بخشید. ارلیش در جایزه‌ی نوبل پزشکی ۱۹۰۸ سهیم شد.

توماس هانت مورگان: ژن‌ها، کروموزوم‌ها و پشه‌های میوه

۱۹۱۱ در سال ۱۹۰۰، که یافته‌های مدت‌ها فراموش شده‌ی گرگور مندل در حوزه‌ی ژنتیک دوباره کشف شدند، توماس هانت مورگان، زیست‌شناس

1. Salvarsan

آمریکایی، در نیویورک داشت پشه‌های میوه را بررسی می‌کرد تا به تکامل و تکوین تولید مثلی آن‌ها پی ببرد. مورگان از آزمایش‌های مندل در زمینه‌ی پرورش حبوبات در باغ صومعه (**۱۸٦۵**) شگفت‌زده شد، هرچند که وی اندکی تردید در مورد قوانین وراثت روا داشته بود. وی مشتاق بود بداند آیا این قوانین در مورد جانوران هم صادق‌اند یا خیر. پشه‌های میوه می‌توانند در هر سال ۳۰ نسل از خود باقی گذارند؛ فضای کمی اشغال می‌کردند و به مراقبت زیادی نیاز نداشتند. مورگان به این نتیجه رسید که این پشه‌ها اشیایی آرمانی برای مطالعاتش به‌شمار می‌آیند.

وی به دورگه‌گیری (دگرگشنی)[1] آن‌ها (که سرانجام تعدادشان به میلیون‌ها رسید دست زد، همان کاری که مندل درباره‌ی انواع نخود، در جستجوی الگوهای یکسان، انجام داده بود. مورگان، بعد از چند روزی بدون کسب موفقیت، وقتی برخی پشه‌ها با چشمان سیاه در یک دسته از آن‌ها ظاهر شدند، به سختی تکان خورد. عموماً رنگ چشم پشه‌های میوه قرمز است. و پشه‌های سفید و قرمز چشم را دورگه‌گیری کرد، که دریافت نسل اول همگی قرمز چشم‌اند اما چشمان سفید «نهفته» در نسل دوم، با تعدادی که مؤید قوانین مندل بود، ظاهر شدند.

تمامی پشه‌های سفید چشم نر بودند؛ معلوم شد که «چشم سفیدی» با «جنسیت مرتبط» است. حالا دیگر واژه‌ی «ژن» برای تشریح پرونده‌ی اطلاعات موروثی در خصوص مشخصه‌ای معین به کار می‌رفت، و اکثر زیست‌شناسان پذیرفتند که ژن‌ها به نحوی با کروموزوم‌ها، که در هنگام تقسیم سلولی ظهور می‌کنند، رابطه دارند (**۱۹۰۲**).

در اینجا مورگان چند فرصت خوب به دست آورد. در غدد بزاقی پشه‌های میوه کروموزوم‌های بسیار بزرگی یافت می‌شود که به آسانی می‌توان آن‌ها را دید و مطالعه کرد. در هر یاخته آن‌ها هشت کروموزوم وجود دارد (انسان‌ها در هر یاخته ٦٤ تا دارند)؛ شش تا از آن‌ها مانند سه زوج یکسان‌اند، دو تای دیگر فرق می‌کنند، این‌ها را مورگان یافت. این‌ها را با توجه به شکلشان کروموزوم‌های X و Y نامیدند، که جنسیت پشه‌ی میوه را تعیین می‌کند. XX به معنای ماده، XY به معنای نر است (در مورد ما انسان‌ها هم چنین است).

مورگان استدلال کرد که ژن مربوط به چشمان سفید باید روی کروموزوم‌های y باشد (به طوری که فقط نرها آن را دارند). از اینجا حدس زدند ژن‌هایی که تمامی مشخصه‌های گوناگون پشه‌ی میوه را کنترل می‌کنند روی کروموزوم‌های خاصی‌اند. با

1. Cross-breeding

رنگ کردن کروموزوم‌ها به رنگ‌های مختلف، توانست تعداد زیادی نوار درست کند. در حدود سال ۱۹۱۱ مورگان اعلام کرد که این نوارهای بافت همان ژن هستند، که در امتداد کروموزوم‌ها مانند مهره‌هایی که به نخ کشیده می‌شوند، به صف ایستاده باشند. آلفرد استرتیونت، دانشجوی او، نخستین «نقشه» کروموزوم‌ها را ترسیم کرد، که جای قرارگیری کروموزوم‌های گوناگون را نشان می‌داد.

از آن پس به یافته‌های دیگری رسید. ممکن است انتظار داشته باشید که تمام ژن‌های روی یک کروموزوم خاص از یکدیگر ارث می‌برند؛ پشه‌ی میوه‌ای برخوردار از هر یک از این مشخصه‌ها باید همه‌ی آن‌ها را داشته باشد. این امر معمولاً اتفاق می‌افتد، اما نه همیشه. مورگان پی برد که «پل زدن» اتفاق می‌افتد؛ تعدادی از کروموزوم‌ها در خلال شکل‌گیری یاخته‌های جنسی (تخمک و اسپرم) مبادله می‌شوند که با هم درمی‌آمیزند تا نسل بعدی را تشکیل دهند. پل زدن از طریق آمیختن مشخصه‌ها مقدار زیادی تنوع به فرزندان اضافه می‌کند، که تفاوت‌های بیشتری را برای انتخاب طبیعی چارلز داروین (۱۸۵۹) ایجاد می‌کند، تا آن‌ها را به کار بندد. این اتفاق نیروی توانمندی برای تنوع در طبیعت به‌شمار می‌آید.

در این هنگام مورگان در ۱۹۱۵ دست به تألیف کتاب تأثیرگذار خود، *سازوکار وراثت مندلی* زد؛ تردید وی درباره‌ی مندل (و در واقع در خصوص انتخاب طبیعی داروین) زایل شده بود. او روی شواهد و مدارک کار کرده و متقاعد شده بود؛ وی خودش هم شواهد بیشتری بر آن‌ها افزود. در سال ۱۹۳۳ نخستین دانشمند غیر پزشکی بود که به دریافت جایزه‌ی نوبل پزشکی نایل آمد.

ماری کوری: نویدها و مخاطرات

۱۹۱۱

حیات و مرگ ماری کوری سند و مدرکی بود از قدرت پرتوزایی، هم سازنده و هم ویرانگر. در خلال جنگ جهانی اول، وی پیشگام استفاده از گاز رادون ــ گسیل یافته از رادیم که وی و همسرش آن را کشف کرده بودند (۱۸۹۸) ــ به عنوان درمان سرطان به‌شمار می‌آمد. شیشه‌های پر از این گاز را مستقیماً به غده‌های سرطانی تزریق می‌کردند.

سال‌ها پیش از آن که وی و همسرش پی برده باشند که پرتوزایی چه اثر مخربی می‌تواند بر بافت‌های بدن بگذارد، درباره‌ی چنین احتمالی با هم بحث کرده بودند. دستانشان از آثار کار کردن هر روزی با مواد شیمیایی پرتوزا زخم شده بود. هر دو

همیشه خسته بودند، بخشی به علت ماهیت بسیار دشوار این کار، اما دست‌کم قسمتی هم ناشی از آثار انباشتیِ قرار گرفتن در معرض تابش. پی‌یر یک بار یک نمونه‌ی کوچک رادیم را به مدتِ ۱۰ ساعت به بازویش بست؛ نتیجه زخم شدن بازو، مانند سوختگی بود که سه ماه طول کشید تا بهبود یافت اما داغ آن همیشه بر پوست بازویش باقی ماند.

ماری کوری در سال ۱۹۳٤ بر اثر ابتلا به سرطان خون (لوسمی) درگذشت، که به احتمال فراوان ناشی از یک عمر تلاش برای تابشگیری، هم از رادیم و هم پرتوهای ایکس بود. در خلال جنگ مسئولیت تحویل دستگاه‌های پرتو ایکس را برای کمک به درمان مجروحین در سنگرها را بر عهده گرفت، و غالباً خودش، بدون محافظ و پوشش مناسب، از آن‌ها عکسبرداری می‌کرد. نمونه‌ی کوچکی رادیم را کنار بسترش به عنوان نوعی چراغ خواب گذاشته بود، زیرا در تاریکی می‌درخشید.

زندگی کوری بعد از مرگ پی‌یر در سال ۱۹۰٦ بر اثر تصادف، دستخوش آشفتگی بوده است. وی در سوربن به استادی رسید، برای نخستین بار زنی در آنجا به این مقام می‌رسید و شاید در همه‌ی جهان نخستین زنی بود که در علوم استاد دانشگاه می‌شد. دومین جایزه‌ی نوبل وی، در سال ۱۹۱۱، و دعوتش به همایشی از فیزیکدانان (مرد) نخبه‌ی جهان عدم پذیرش او به فرهنگستان علوم فرانسه را جبران کرد، گرچه رأی‌گیری در آنجا فشرده بود. ادعاهایی هم در مورد ناشایستگی در زندگی خصوصی‌اش می‌شد، و دو مرد بر سر برخی شایعات با هم به دوئل پرداختند.

> *نباید فراموش کنیم که وقتی رادیم کشف شد هیچ کس نمی‌دانست که در بیمارستان‌ها مفید از کار در خواهد آمد. این کار فقط در حوزه‌ی یک علم خالص انجام می‌شد. و این هم ثابت شده که کار علمی را نباید از دیدگاه سودمندی مستقیم آن نگریست. باید به خاطر خودش، به خاطر زیبایی علم انجام شود، و آنگاه همیشه این فرصت دست می‌دهد که یک کشف علمی ممکن است روزی، مانند رادیم، به مزیت و منفعتی برای انسانیت تبدیل شود.*
>
> ماری کوری

هر چند که کوری در جایزه‌ی نوبل فیزیک ۱۹۰۳ سهیم شده بود، بعضی‌ها گفته‌اند که جایزه‌ی نوبل شیمی ۱۹۱۱ به خاطر همان کار به او اعطا شده است. دستاورد جدید عمده‌ی وی از سال ۱۹۰۳ عبارت بود از جداسازی رادیم فلزی خالص. به این ترتیب توانست خواص آن را به تفصیل مشخص کند. با توجه به اهمیت فزاینده‌ی رادیم، بخصوص در پزشکی، این کار بسیار مهم و تعیین‌کننده بوده است.

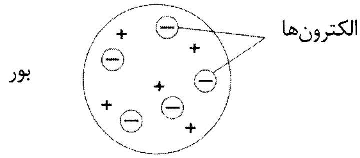
ارنست رادرفورد و نیلس/ نیلز بور: منظومه‌ی شمسی در دل اتم

۱۹۱۱

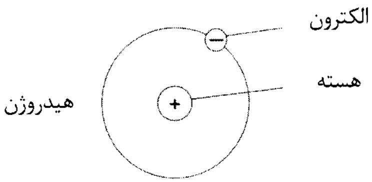
در سال ۱۹۰۹ کشف رادرفورد و برخی همکارانش در دانشگاه منچستر، مبنی بر این‌که اتم‌ها گوی‌های جامد ماده‌ی مثبت و منفی آمیخته نیستند، که جی جی تامسون چنین اظهار داشته بود (۱۸۹۹)، بلکه عمدتاً فضای خالی با تکه‌ی ریزی ماده‌ی مثبت در مرکز است، دنیای فیزیک را لرزاند. این کشف بیشتر از آن‌که پاسخ‌هایی را فراهم آورد، پرسش‌هایی را مطرح کرد. در تمامی این کشف جایگاه الکترون‌های منفی‌بار کجا بود؟ اگر در ناحیه‌ی پیرامون هسته حرکت می‌کردند، چه چیزی آن‌ها را از سقوط به داخل آن تحت ربایش گرانشی، بازمی‌داشت؟ چه چیزی هسته‌ی پر از بار مثبت را از انفجار خودش بازمی‌داشت؟

رادرفورد در سال ۱۹۱۱ به برخی پاسخ‌های اولیه رسیده بود. وی نام هسته را برای آن قطعه‌ی مرکزی بار برگزیده بود، و آن را به نقطه‌ی ریز در قلب هر یاخته‌ی گیاهی و جانوری تشبیه می‌کرد (۱۸۳۸). وی اظهار داشت که الکترون‌ها به دور هسته می‌گردند، درست مثل گردش سیارات به دور خورشید. الکترون‌ها به داخل هسته سقوط نمی‌کنند، به همان علت که زمین شیرجه‌وار روی خورشید نمی‌افتد؛ زمین در حال حرکت ودوران است.

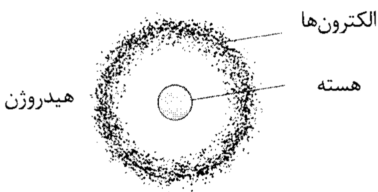
اما همان‌موقع مسئله‌ی دیگری پیش آمد. وقتی یک ذره‌ی باردار، مانند الکترون، «شتاب‌دار» می‌شود (وادار به تغییر بزرگی سرعت و یا جهت حرکتش می‌شود)، انرژی به بیرون می‌فرستد. به این دلیل است که هاینریش هرتز برای نخستین بار امواج رادیویی را در سال ۱۸۸۸ تقویت کرده بود؛ جرقه‌هایی که به کار برد در واقع الکترون‌هایی بودند که به سرعت به جلو و عقب می‌جهیدند. اگر الکترون‌ها در مدارهایی هسته را دور می‌زدند، همواره تغییر جهت می‌دادند، و از این‌رو همیشه باید انرژی از خود بیرون می‌دادند که در این صورت سرعت‌شان کم می‌شد و در یک چشم به هم زدن به داخل هسته فرو می‌افتادند.



کیک کشمشی جی جی تامسون (۱۸۹۹)



«اتم سیاره‌ای» رادرفورد و بور (۱۹۱۱)



«مدل احتمالاتی» ماکس بورن (بور، ۱۹۲۷)

این نمودارها یک ربع قرن ایده‌های نو درباره‌ی اتم را نشان می‌دهند. به نظر جی جی تامسون **(۱۸۹۹)** *الکترون‌های یک اتم به توده‌ای از بار مثبت چسبیده‌اند، مانند وضعیت کشمش‌ها در کیک. رادرفورد و بور اتم را به منظومه‌ی شمسی مانند کردند، که الکترون‌ها در مدارهای مشخصی هسته را دور می‌زنند درست مانند سیارات که به دور خورشید می‌گردند.*
اما رشد و توسعه‌ی فیزیک کوانتومی و «عدم قطعیت و ابهام» آن مستلزم دقت و وضوحی بود که جانشین احتمالات شود. مثلاً، ماکس بورن در نیمه‌ی دهه‌ی ۱۹۲۰ «ابرهای» الکترونی را تجسم کرد، که سیاهی این ابر حاکی از احتمال وجود الکترون در یک مکان و نه مکان دیگر است.

آشکار است که این اتفاق نیفتاد. رادرفورد ابتدا برای یافتن پاسخ عاجز ماند، و از این‌که همه انتظار داشتند پاسخ‌ها فوری به دست آیند، آزرده و خشمگین شد. پاسخی، در قالب یک تحقیق دانشجویی جدید، سر برآورد. نیلس بور دانمارکی در سال ۱۹۱۲ پس از عدم موفقیت در کنار آمدن با جی جی تامسون **(۱۹۰۷)** در آزمایشگاه‌های کاوندیش در کمبریج، به منچستر آمد. بور به این علت رادرفورد را دوست می‌داشت که وی از کار دیگران تمجید و ستایش می‌کرد؛ رادرفورد به این علت بور را دوست می‌داشت که علاوه بر همه چیز، فوتبال بازی می‌کرد.

بور از ذهنی بسیار خارق‌العاده، خلاق و سنت‌شکنانه برخوردار بود. چرا الکترون‌هایی که در مدار گردش می‌کنند انرژی بیرون نمی‌دهند؟ بور می‌گفت، آن‌ها مادام که در «مدارهای مُجاز» در حرکت‌اند، انرژی گسیل نمی‌کنند. آن‌ها فقط وقتی انرژی می‌دهند (یا می‌گیرند) که از یک «مدار مُجاز» به «مدار مجاز دیگری» منتقل شوند.

و آن، چه چیزی است که یک مدار را «مجاز» می‌کند؟ پاسخ بور او را به پدید آورنده‌ی فیزیک کوانتومی تبدیل کرد. مانند مورد ماده (اتم)، بار الکتریکی (الکترون **۱۸۹۷**) و انرژی (کوانتوم ماکس پلانک **۱۹۰۰**)، چیزی در اطراف مدارها باید «کوانتیده» باشد، یعنی طبیعتاً مقادیر صحیح مشخص باید مجاز باشند. بور استدلال کرد که تکانه‌ی زاویه‌ای الکترون کوانتیده است؛ این کمیت ترکیب جرم، سرعت و فاصله‌ی الکترون تا هسته است. مدارهای مجاز یک یا دو یا چند کوانتوم تکانه‌ی زاویه‌ای دارند. به این ترتیب، یک، دو، سه و الی آخر «اعداد کوانتومی» این مدارهایند.

و اختلاف در مقادیر مجاز تکانه‌ی زاویه‌ای حاوی همان عددی است که پلانک برای برپا کردن کوانتوم انرژی‌اش، یعنی ثابت پلانک، به کار گرفت. پیشرفتی شگفت‌آور بود، و سرآغاز راهی به کلی نو برای اندیشیدن درباره‌ی علم فیزیک. باید خیلی چیزها را توضیح می‌داد، ابتدا رنگ‌های نور که عناصر شیمیایی گوناگون گسیل می‌کنند (**۱۹۱۳**) و سپس جدول تناوبی عناصر (۱۹۲٤). **۱۹۱۳ بور: ۱۹۱۹ رادرفورد**

هنریِتا لویت: شمع استاندارد در آسمان‌ها

۱۹۱۲ در سال ۱۹۰۲ هنریتا لویت، آن موقع ۳٤ ساله، موقعیت دائمی و جا افتاده‌ای در رصدخانه‌ی دانشگاه هاروارد در ایالات متحده‌ی آمریکا دست و پا کرده بود؛ این شرایط پس از چند سال کار داوطلبانه برایش فراهم آمده بود. کار او که تجزیه و تحلیل تصویر ستارگان بر شیشه‌ی عکاسی بود، کار دقیق و موشکافانه‌ای به شمار می‌رفت و به او در یک پروژه‌ی مهم نقشی کلیدی دادند؛ این پروژه عبارت بود از تدوین استاندارد دقیق درخشندگی ستارگان که از روی عکس‌ها تعیین می‌شد.

در حدود سال ۱۹۱۲ لویت روی گروهی از ستارگان متغیر (ستارگانی که درخشندگی آن‌ها طی زمان نوسان می‌کند) به نام متغیرهای قیفاووسی[1] کار کرد. نخستین ستاره از این ستارگان در سال ۱۷۸٤ در صورت فلکی قیفاووس یافته شده بود، که مناسبت این نام هم از آنجاست. تغییرات نور متغیرهای قیفاووسی طی روزها

1. Cepheid variables

یا هفته‌ها بسیار منظم است و او به آسانی توانست این ستارگان را بر روی شیشه‌های عکاسی که در زمان‌های مختلف از آن‌ها عکس گرفته بود انتخاب و دست‌چین و با یکدیگر مقایسه کند. وی توجه خود را روی دو مجموعه‌ی بزرگ ستارگان در آسمان جنوبی مشهور به ابرهای ماژلانی متمرکز کرد؛ این ستارگان نخستین ستارگانی بودند که دریانورد اسپانیایی، فردیناند ماژلان، آن‌ها را در قرن شانزدهم رؤیت کرد.

لویت ۲۵ متغیر قیفاووسی را در میان این ستارگان یافت و به یک نکته‌ی جالب در آن‌ها پی برد. هر چه ستاره‌ای در اوج درخشندگی درخشان‌تر به نظر می‌آمد، «دوره‌ی تناوب» آن، یعنی زمانی که طول می‌کشید چرخه‌ی تغییرش را طی کند، طولانی‌تر می‌شد. وی پی برد که چون این ستارگان به صورت خوشه‌ای کنار یکدیگر قرار دارند و از زمین تقریباً به یک فاصله‌اند، ستارگانی که با درخشندگی یکسان ظاهر می‌شوند دارای درخشندگی **برابرند**. بنابراین زمان سپری شده برای این‌که یک متغیر قیفاووسی یک چرخه‌ی تغییر را تکمیل کند معیاری از درخشانی واقعی آن است.

دان آینار هرتزپرونگ دانمارکی، همکار تدوین نمودار هرتزپرونگ- راسل برای طبقه‌بندی ستارگان که قرار بود به زودی مشهور شود (**۱۹۱۰**)، از این نظر لویت حمایت کرد. وی فاصله تا بعضی متغیرهای قیفاووسی را که از طریق اندازه‌گیری اختلاف منظر آن‌ها (**۱۸۳۸**) اندازه گرفت، خیلی نزدیک‌تر به زمین یافت. این امر برایش این امکان را فراهم آورد که بین درخشندگی واقعی یک قیفاووسی متغیر دقیقاً با دوره‌ی تناوب آن، رابطه برقرار کند. از این رو اگر زمان تناوب یک متغیر قیفاووسی در هر جایی در کیهان را بتوان اندازه‌گیری کرد، درخشندگی ظاهری آن سرنخ مطمئنی برای یافتن فاصله‌ی آن است. این گام عمده‌ای بود به پیش برای نقشه‌برداری کیهان. ستارگان قیفاووسی هنریتا لویت به «شمع استاندارد» برای اندازه‌گیری فواصل و مسافت‌های اعماق جهان هستی تبدیل شدند. این امر در حل و فصل کردن مسائل و پرسش‌های بزرگ درباره‌ی ابعاد و شکل منظومه‌ی ستاره‌ای ما و روابطش با منظومه‌های دیگر، تعیین‌کننده و حیاتی از کار درآمد.

هنریتا لِویت دانشمندی برجسته در روزگاری بود که تعداد اندکی از زنان فرصت خودنمایی و درخشندگی پیدا می‌کردند. موفقیت او از طریق پشتکار، تلاش و از خودگذشتگی به دست آمد؛ به همان طریقی که بر بیماری مزمن و عودکننده و ناشنوایی، و نیز تحقیر شدن از جانب همکاران مرد که همه جا رایج است، غلبه کرد. وی در مدت دوره‌ی کاریش بیش از نیمی از ستارگان متغیری را یافت که تا زمان مرگش کشف شده بودند. در پنجاه و سه سالگی به بیماری سرطان درگذشت.

ویکتور هس: تابش گسیلی از کیهان

۱۹۱۲

ویکتور هس، فیزیکدان اتریشی، گاهی زندگی‌اش را به خاطر علم به خطر انداخت. در سال ۱۹۱۲، برای پژوهش و کاوش در پدیده‌ای که او را عمیقاً به فکر فرو برده بود، در یک بالن، بدون مخازن اکسیژن، تا ارتفاع ۵۰۰۰ متری بالا رفت. پاداش او و آنچه به دست آورده بود عبارت بود از تأیید یک نظریه و سرانجام سهمی در جایزه‌ی نوبل فیزیک سال ۱۹۳۶.

برای این‌که بدانیم و بفهمیم که چه چیزی او را به فکر انداخته بود باید اندکی به عقب برگردیم. کشف پرتوزایی به وسیله‌ی هانری بکرل در سال **۱۸۹۶** تکانی پدید آورده بود، و در زمانی اتفاق افتاد که تصور می‌شد شگفتی‌های علم به انتهای خود رسیده است. پی بردند که تابش از کانی‌هایی تراوش می‌کند که در طبیعت یافت می‌شوند و حاوی عناصری مانند اورانیم و توریم‌اند. این تابش یوننده بود (به همان ترتیب که پرتوهای ایکس بودند): می‌توانست به اتم‌های هوا بار الکتریکی بدهد. هوای معمولی، که معمولاً عایق است، در آن صورت الکتریسیته را منتقل می‌کند. از این‌رو اگر باری الکتریکی ذخیره شود (در دستگاهی به نام الکتروسکوپ) به آهستگی به داخل هوا نشت می‌کند. هر چه تابش در محیط بیشتر باشد، بار ذخیره شده سریع‌تر ناپدید می‌شود.

پژوهشگران پی بردند که برآوردشان از مقدار کل تابشی که فکر می‌کردند باید از کانی‌های پرتوزا در زمین ــ صخره‌ها، سنگ‌های ساختمانی و مانند آن‌ها ــ گسیل شده باشند، نسبت به آنچه که عملاً اندازه‌گیری شده‌اند کم‌تر است. افزون بر این‌ها، دور نگه داشتن تابش زمینه، که اندازه‌گیری‌های دقیق را به هم ریخته بود، بسی دشوار از کار درآمد. قسمتی از آن تا ۱۰ سانتی‌متر در سر نفوذ می‌کرد، که این سرب بایستی از نفوذ هر یک از پرتوهای عناصر پرتوزا جلوگیری کند. پس در جایی باید یک چشمه‌ی تابش نفوذکننده‌ی قوی وجود داشته باشد. در کجا بود؟

ویکتور هس، که آن موقع در دانشگاه گراتس تدریس می‌کرد، در این فکر بود که اگر این تابش ناشناخته و نامشخص نه از زمین بلکه از ارتفاعات بالا، از جوّ یا حتی فضا، بیاید چه می‌شود. این فکر او را به دست زدن به کار خطرناک پروازهایش با بالون هدایت کرد. آهنگ از دست رفتن بار الکتریکی از الکتروسکوپ نشان داد که هرچه بالاتر می‌رفتند تابش قوی‌تر می‌شد؛ در بلندترین نقطه‌ی پرواز ده بار قوی‌تر از روی زمین بود. بعداً آن را «تابش کیهانی» نامیدند (این نام‌گذاری از جانب هس نبود).

هس قسمت اعظم باقی‌مانده‌ی عمر کاریش را وقف آشکار کردن و توضیح دادن

راز و رمزهای این تابش کرد. مثلاً، در سال ۱۹۳۹ پی برد که مقدار تابش ورودی از فضا در یک دوره‌ی ۲۷ روزه کم و زیاد می‌شود، که با چرخش خورشید منطبق است؛ بنابراین خورشید باید قسمت اعظم تابش زمینه کیهانی را تولید یا دست‌کم تحت تأثیر قرار دهد.

هس، در گریز از تعقیب نازی‌ها، در سال ۱۹۳۷ اتریش را ترک کرد و در ایالات متحده‌ی آمریکا رحل اقامت افکند. وی یکی از بسیار کسانی بود که به این مهاجرت اجباری دست زدند و در این رهگذر علم در آمریکا را بسیار تقویت کردند.

انسان پیلت‌داون: انسانی که هرگز وجود نداشت

۱۹۱۲

حقه و کلک تمام عیار در علم نادر است. در حالی که بسیاری پژوهشگران، حتی پژوهشگران بزرگ، اشتباهاتی مرتکب شده‌اند، تعداد انگشت‌شماری از آن‌ها تلاش کرده‌اند مدعی کشف‌هایی شوند که عملاً به آن‌ها نایل نیامده‌اند، و اگر هم چنین ادعایی کرده‌اند، معمولاً به سرعت موضوع فاش شده است. این شفافیت، در حالی که کامل نیست، همان چیزی است که علم را کارآمد می‌کند. این موضوع از سنت صراحت و صداقت در برابر شاهد و گواه و انتشار نتایج ناشی می‌شود به‌گونه‌ای که دیگران بتوانند آزمایش‌ها را تکرار و یافته‌ها را وارسی کنند. اگر نتایج را نشود تکثیر کرد، معمولاً آن‌ها را کنار می‌گذارند.

در سال ۱۹۱۲ چارلز دوسون، مشاور حقوقی و جوینده‌ی استخوان، جمجمه‌ای عجیب و غریب را در یک معدن شن در پیلت‌داون در ساسکس کشف کرد. وی این یافته را به موزه‌ی بریتانیا اطلاع داد. در سال‌های بعد، استخوان‌های دیگری هم یافته شد، از جمله یک آرواره. وقتی این استخوان‌ها را کنار هم چیدند، سر این «انسان پیلت داون» چالشی را با نظریه‌های موجود در خصوص خاستگاه انسان موجب شد. این جمجمه‌ی جدید، در ترکیب با یک آرواره‌ی میمون‌مانند، با حالت ظاهری *انسان راست قامت* (۱۸۵٦)، که از قرار معلوم در همان دوران می‌زیسته، حدود ۵۰۰,۰۰۰ سال قبل، به حکم عمقی که بازمانده‌های پیلت‌داون از آنجا بیرون کشیده شدند، فرق می‌کرد.

علیرغم این تعارض، و حتی گرچه دوسون در سال ۱۹۱٦ درگذشت، کسان دیگری کماکان به تبلیغ این یافته ادامه دادند، و آن را رسماً «انسان دانِ دوسون» نامیدند. این یافته با انتظار یافتن «حلقه‌ای گمشده» بین میمون و انسان تطبیق می‌کرد، و به بریتانیایی‌ها یک «انسان سنگواره‌ای» از آن خودشان می‌بخشید؛ یافته‌های مهم

دیگر انسان کرومانیون و انسان نئاندرتال در آلمان و فرانسه تحقق یافته بود (۱۸۵٦).

به مدت چهار دهه، این استخوان‌ها، ظاهراً به دلایل امنیتی، از مطالعه و بررسی دقیق دور نگه داشته شدند، هر چند که انگیزه‌های دیگری هم برای این امر وجود داشت. در سال ۱۹۵۳ آزمایش با فلوئور پرتوزا نشان داد که آن جمجمه و آرواره از لحاظ عمر بسیار متفاوت‌اند: جمجمه احتمالاً ۵۰,۰۰۰ سال سن داشت، اما عمر آرواره فقط به چند دهه می‌رسید. آزمون‌های دیگری ثابت کردند که این آرواره به طور شیمیایی رنگ شده است تا قدیمی به نظر آید. در حالی که جمجمه از آن انسان بود، آرواره متعلق به یک اورانگوتان از آب درآمد، گرچه دندان متعلق به شمپانزه بود، چنان کنار هم ردیف شده بودند تا انطباق‌شان دهند.

کسی با زحمت فراوان کاری کرده بود که این استخوان‌ها معتبر و موثق به نظر آیند و در آنجایی که یافته شدند، دفن‌شان کرده بوده است. بر سر این‌که چه کسی مرتکب این حقه‌بازی شده و چرا این کار را کرده، تا امروز کماکان محل مباحثه و مشاجره است، هرچند خود دوسون یکی از نخستین مظنونان به‌شمار می‌آید. مخالفان تکامل این رسوایی را مستمسک قرار داده‌اند تا سایر شواهد مهم و تعیین کننده را نیز ساختگی و دروغین قلمداد کنند، گرچه می‌توان همچنین ادعا کرد که این مورد نشان می‌دهد که فاش کردن اسناد جعلی نسبتاً ساده است.

وستو اسلایفر: انتقال به سرخ و انتقال به آبی

۱۹۱۲ در سال ۱۸٤۲ که کریستین دوپلر/ داپلر اثرش را کشف کرد، پی برد که این اثر نه تنها در مورد امواج صوتی بلکه در خصوص نور نیز صادق است. ارتفاع (صوت) آژیر وقتی دور می‌شود پایین‌تر می‌آید (طول موجش بلندتر می‌شود) و بالاتر می‌رود (طول موجش کوتاه‌تر می‌شود) وقتی نزدیک می‌آید. به همین ترتیب، بنا بر نظریه‌ی او یک منبع نوری دورشونده سرخ‌تر (طول موج بلندتر)، و منبع نزدیک‌شونده آبی‌تر (طول موج کوتاه‌تر) می‌شود. البته، سرعت نور فوق‌العاده بیشتر از سرعت صوت است، و چشمه‌های نور باید در واقع بسیار سریع حرکت کنند تا «انتقال به سرخ و انتقال به آبی» نشان داده شوند.

و این نمایش تحقق یافت، نه روی زمین بلکه در خارج از کره‌ی زمین در میان ستارگان یا به بیان دقیق‌تر «سحابی‌ها». این لکه‌های کوچک و رنگارنگ نور قرن‌ها محل مباحثه بوده‌اند. چند ده هزار از آن‌ها شناخته شده است. عمدتاً شکل‌های مبهم

و نامشخص داشتند، اما بعضی‌هایشان مارپیچی به نظر می‌رسیدند (**۱۸٤۷**). بعضی از آن‌ها در آن میان شواهدی بر وجود ستارگان بودند؛ بقیه صرفاً گاز بودند.

در حدود سال ۱۹۱۲ ستاره‌شناس آمریکایی، وستو اسلیفر، نور ناشی از برخی از این سحابی‌ها را در طیف‌نمای خودش بررسی کرد. این وسیله نور را به رنگ‌های تشکیل‌دهنده‌اش (**۱۸۱٤ فراونهوفر**) تجزیه و خطوط روشن و تاریکی را آشکار می‌کرد که وجود عناصر گوناگون را نشان می‌داد. دو خط زردی که به وسیله‌ی بخار سدیم در سحابی‌ها تولید می‌شد، همیشه از هم جدا بودند و به آسانی تشخیص داده می‌شدند، اما معمولاً در جایی که انتظار می‌رفت نبودند یا رنگ زردشان را نشان نمی‌دادند. تقریباً در هر حالتی، این خطوط «به سرخ انتقال یافته بودند» ــ به داخل نور نارنجی یا حتی قرمز منتقل می‌شدند ــ که حاکی از آن بود که سحابی دارد دور می‌شود. مقدار «انتقال به سرخ» دست‌کم سه برابر میزان «انتقال به سرخ» هر ستاره‌ی شناخته‌شده‌ای بود، پس سرعت این سحابی‌ها بسیار سریع‌تر از هر ستاره‌ای بود. فقط یک مورد «انتقال به آبی» مشاهده شد، و آن بزرگ‌ترین ودرخشان‌ترین سحابی‌ها بود، سحابی واقع در صورت فلکی اِمراة المسلسله (زن به زنجیر بسته). به این ترتیب اگر نظر دوپلر درست بود، آن سحابی باید به ما نزدیک می‌شد.

اسلایفر به موضوع دیگری پی برد. در میان سحابی‌های مارپیچی، هرچه یک سحابی بیشتر به سرخ انتقال می‌یافت، کم‌سوتر به نظر می‌رسید. اگر سحابی‌های کم سو دورتر می‌شدند، به این معنی می‌بود که سحابی‌هایی که از همه سریع‌تر حرکت می‌کنند از همه دورترند.

اسلایفر آدم محتاطی بود، و این ارتباط را برقرار نکرد. تقریباً دو دهه بعد ادوارد هابل این کار را انجام داد (**۱۹۲۹**).

آلفرد وِگنر: قاره‌های سرگردان

۱۹۱۲ اگر به نقشه‌ی جهان نگاهی بیندازید، خیلی زود متوجه شباهت کرانه‌ها در هر دو طرف اقیانوس اطلس می‌شوید. اگر این اقیانوس نبود، آمریکای جنوبی و آفریقا به خوبی به هم منطبق می‌شدند. فرانسیس بیکن (**١٦٢٦**) یکی از کسانی بود که به این موضوع پی برد اما طبق معمول این امر به عنوان امری تصادفی تلقی و فراموش شد.

آلفرد وگنر، پژوهشگر آلمانی در زمینه‌ی آب و هوا، در دهه‌ی ۳۰ عمر خود بود

که برای نخستین بار دست به مشاهدات جوّی زد. وی با جستجو در نشریات علمی، شواهد دیگری را در این مورد یافت که بین آفریقا و آمریکای جنوبی زمانی اتصال برقرار بوده. بسیاری از بازمانده‌های سنگواره‌ای گیاهان و جانوران در این دو منطقه بسیار شبیه به نظر می‌رسیدند، اما معمولاً از طریق فرض کردن یک «پل خشکی» توضیح داده می‌شد که زمانی این دو قاره را به هم متصل می‌کرده اما اکنون زیر دریا فرو رفته است.

وگنر نظری بسیار بنیادی‌تر ابراز کرد: که این دو توده‌ی خشکی در زمانی که اقیانوس اطلس وجود نداشته به طور فیزیکی به هم متصل بوده‌اند. موضوع دیگری هم در کار بود: وی استدلال کرد که تمام قاره‌ها زمانی به صورت یک اَبَرقاره به هم وصل بوده و از قطب تا قطب کشیده می‌شده‌اند. وی این اَبَرقاره را *پانجه‌آ* نامید، به معنای «همه‌ی خشکی‌ها». این اَبَرقاره ۲۰۰ میلیون سال قبل گسیخته شد و از آن هنگام به بعد قاره‌ها به مواضع کنونی‌شان رانده شده‌اند.

با کم‌تر ایده‌ی جدیدی مانند «رانه‌ی قاره‌ای» وگنر چنان خصمانه برخورد شده است. دنیای علمی، جز چند استثنا، آن را در حکم نظری پوچ و بی‌پایه تخطئه کرد. قسمتی از طعنه‌ها و زخم زبان‌ها ناشی از خشمی بود که از این بابت نسبت به وگنر ابراز می‌شد که وی به عنوان متخصص هواشناسی، در حوزه‌ی زمین‌شناسی به نظریه‌پردازی دست یازیده است. اما منتقدان برخی نکات جالب را هم مطرح می‌کردند. مهم‌ترین آن‌ها از این قرار بود که چه نیروهای ممکنی می‌توانند این توده‌های عظیم و گسترده‌ی صخره‌های جامد را بشکافد و صخره‌های به همان میزان جامد کف اقیانوس را هم از هم بگسلد؟

وگنر حدس‌هایی می‌زد، و کشش خورشید وماه یا چرخش زمین حول محور خودش را دخیل می‌دانست، اما این‌ها آشکارا ناکافی بودند. چگونگی حرکت قاره‌ها پرسشی بود بدون پاسخ فوری، اما این مورد که آن‌ها حرکت کرده بودند از قبل هم بسیار چشمگیر و درخور توجه بود: انطباق قاره‌ها؛ توزیع گیاهان و جانوران، هم در حال حاضر و هم در زمان‌های قدیم؛ حضور انواع سنگ و صخره و نقش‌های کانی بسیار شبیه به توده‌های خشکی که اکنون فاصله‌ی زیادی از هم داشتند؛ و شواهدی مبنی بر این‌که قاره‌های گوناگون زمانی آب و هوای بسیار مختلفی داشته‌اند. وگنر فکر می‌کرد این نکته‌ی آخری بخصوص متقاعدکننده است.

وگنر انتقادهای غالباً شخصی به دیدگاه‌های گسترده‌اش را صبورانه تحمل کرد، و هرگز از بهبود بخشیدن و ارتقا دادن آرای خود دست برنداشت. کتابش *منشأ قاره‌ها و*

اقیانوس‌ها به چاپ چهارم رسید، که آخرین چاپ آن درست پیش از مرگش در سال ۱۹۳۰، در پنجاه سالگی، منتشر شد. علاقه و توجه به اقلیم و آب و هوا او را چندین بار راهی گرین‌لند کرده بود؛ در آخرین سفرش در همان جا، ظاهراً بر اثر یک حمله‌ی قلبی، درگذشت. سه دهه بعد اکثر زمین‌شناسان پذیرفتند که رویهمرفته حق با او بوده است (۱۹۵۳).

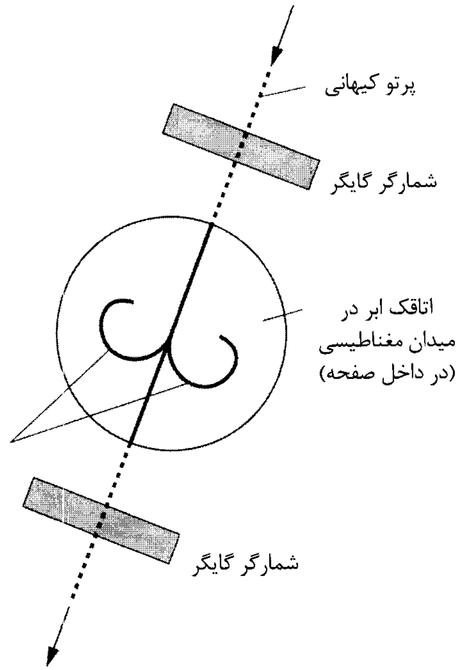
چارلز ویلسون و هانس گایگر: شمارش ذرات نادیده

۱۹۱۲

در اوایل قرن بیستم فیزیک هسته‌ای مبحث شکوفا و پر رونقی به‌شمار می‌آمد. فیزیکدانان، که کشف پرتوزایی (**۱۸۹۶**) آن‌ها را برانگیخته بود، اتم‌هایی را که قبلاً غیر قابل لمس تلقی می‌شدند، از پوشش و حجاب درآوردند، و (دست‌کم در تصوراتشان) هسته‌ی ریز و الکترون‌هایی را که دور آن در گردش‌اند، شناسایی کردند (**۱۹۰۹**). سرانجام، هسته نیز شکسته شد (**۱۹۳۲ آزمایشگاه کاوندیش**).

اما هیچکس الکترون را ندیده بود، و هیچ کس هم هرگز نخواهد دید. حتی تا چندین دهه نشد که به اتم‌ها هم نگاهی اجمالی بیندازند. پژوهشگران ناگزیر بودند برای تعیین مکان و شمارش تکه پاره‌های ماده به روش‌های دیگری تکیه کنند. این روش‌ها همان فایده را برای فیزیکدانان هسته‌ای به بار آوردند که تلسکوپ و میکروسکوپ چند قرن برای دانشمندان دیگر سودمند واقع شده بودند؛ این ابزار، نادیده (و ناشناخته)های قبلی را رؤیت‌پذیر کردند.

پیش‌ترها، فیزیکدانان پی بردند که این «پرتوهای» جدید گسیل شده از اتم‌های پرتوزا (**۱۸۹۹ پرتوزایی**) عملاً جریان‌های ذرات‌اند و روی صفحه‌ای که از لحاظ شیمیایی عمل آمده باشد نقاط نورانی تشکیل می‌دهند (**۱۹۰۹**). شمارش این نقطه‌ها با چشم کاری فرساینده و دشوار و مستعد اشتباه از سوی انسان بود. دستگاه‌هایی که باید این کار را انجام می‌دادند بر این واقعیت متکی بودند که این پرتوها می‌توانند هوا را یونیده کنند، و آن را قادر سازند که، هرچند هم مختصر، الکتریسیته را از خود عبور دهد. این عمل اساس شمارگر هانس گایگر آلمانی‌تبار را تشکیل می‌داد که بعداً شمارگر گایگر_مولر نامیده شد. هر ذره‌ای که عبور می‌کند یک پالس جریان الکتریکی را راه می‌اندازد؛ تعداد زیادی از این‌ها همراه با هم عقربه‌ای را به حرکت درمی‌آورند تا مقدار تابش را اندازه بگیرد و توفانی از صداهای قابل شنیدن «کلیک» را تشخیص دهند.



برای آشکارسازی اجزای ناپایدار ماده‌ی زیراتمی و رؤیت‌پذیر کردن مسیر آن‌ها، دستگاه‌های پیچیده‌ای ضروری است. در اینجا یک پرتو کیهانی نور- انرژی (پروتون یا پرتوگاما) از یک «اتاقک ابر» پر از هوای اشباع شده از بخار آب، گذر می‌کند. این پرتو شمارگرهای گایگر در بالا و پایین را راه می‌اندازد، و از این رو اتاقک را فعال می‌کند. هوا منبسط و سرد می‌شود، و آب به صورت قطره‌های ریز روی رد اتم‌های هوای یونیده‌ای که پرتو ایجاد کرده، چگالیده (مایع) می‌شود.

*در این حالت، اتاقک مسیرهای یک الکترون و یک پوزیترون (**۱۹۲۸ دیراک**) را هم به دام می‌اندازد که انرژی پرتو کیهانی آن را ایجاد کرده است. این مسیرها در جهت‌های مخالف در میدان مغناطیسی که در اتاقک برقرار می‌شود، به صورت منحنی درمی‌آیند.*

قابل رؤیت کردن مسیر ذرات به «اتاقک ابر» نیاز داشت، دستگاهی شگفت‌انگیز که چارلز ویلسون، برنده‌ی جایزه‌ی نوبل اسکاتلندی، آن را تکمیل کرد. کار این دستگاه بر تابش یونده در هوا نیز استوار بود، که ردی از ذرات هوای باردار در دنبال خودش بر جای می‌نهاد. با منبسط کردن هوا در اتاقکی که اندکی از آن سردتر است ــ اثر ژول ـ تامسون (**۱۸۵۲**) ــ و فراهم کردن این امکان که بخار آب به صورت قطره‌هایی

روی اثر یون‌های هوا چگالش یابند (مایع شوند)، مسیر و رد ذرات را قابل رؤیت می‌کند. رد یک ذره اطلاعات زیادی درباره‌ی آن در اختیارمان می‌گذارد. اگر این رد و مسیر ضخیم باشد، ذراتی که آن را درست کرده‌اند آهسته حرکت می‌کردند یا به شدت باردار بوده‌اند؛ اگر ذرات در داخل یک میدان مغناطیسی حرکت می‌کردند، این مسیر به یک سو، زیاد یا کم، بسته به بار یا جرم ذرات خمیده می‌شد.

این دو فناوری را می‌شد برای مطالعه‌ی تابش کیهانی ترکیب کرد (**۱۹۱۲ هس**) — جریان‌های ذرات باردار ورودی از فضا. شمارگرهای گایگر در بالا و پایین اتاقک ابر با عبور یک پرتو کیهانی از داخل آن آژیری را به صدا درمی‌آورند: این اتاقک بلافاصله منبسط می‌شود و ذره‌ی پرتو کیهانی روی فیلم اثر می‌گذارد. به این طریق است که پاتریک بلاکت زوج‌های الکترون- پوزیترون را در سال ۱۹۳۲ تولید کرد (آزمایشگاه کاوندیش)، و وجود پادماده را اثبات کرد.

نیلس / نیلز بور: توضیح طیف‌ها

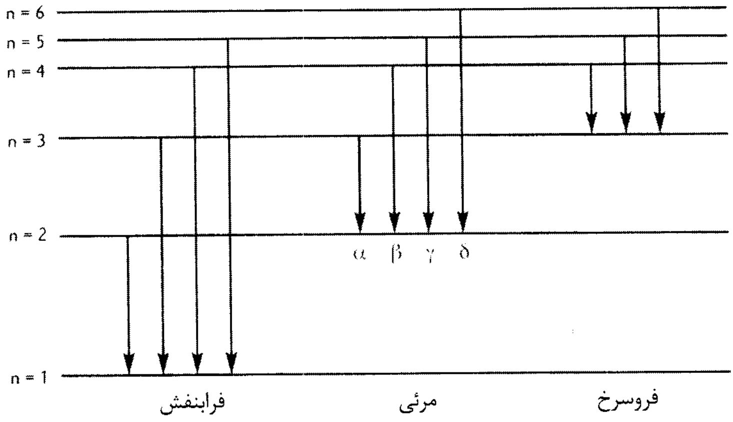
۱۹۱۳

فیزیکدانان به مدت یکصد سال برای توضیح دادن چیزی تلاش کردند که وقتی نور ناشی از یک گاز داغ به وسیله‌ی منشور یا توری پراش به رنگ‌های گوناگونش تجزیه می‌شود (**۱۸۱٤ فراونهوفر**). «طیف» حاصل حاوی تمام رنگ‌هایی نیست که نیوتون (**۱٦۷۲**) برای نخستین بار از نور خورشید استخراج کرده بود، بلکه فقط چند خطی رنگ بسیار پریده روی یک زمینه‌ی سیاه بود.

به همین ترتیب، وقتی نور ستاره‌ای چون خورشید تجزیه شد، توانستند تمامی طیف را مشاهده کنند، اما خطوط تاریکی آن‌ها را قطع می‌کرد، گویی رنگ‌های بسیار خاصی غایب بودند. علت این امر چه بود؟ این خطوط، هم روشن و هم تاریک، به دقت اندازه‌گیری و صورت‌برداری شدند. هر عنصری مجموعه خطوط خاص خود را داشت، و فرمول‌های ریاضی خاصی بین آن‌ها رابطه برقرار می‌کرد. اما باز هم توضیحی برای آن وجود نداشت.

نیلس بور، این «دانمارکی بزرگ» برای این معضل پاسخ فراهم آورد. این پاسخ از ایده‌ی «اتم سیاره‌ای» به دست آمد که ارنست رادفورد آن را عرضه داشته بود (**۱۹۱۱**). در این مدل، الکترون‌ها هسته‌ی اتم را در مدارهای مجاز دور می‌زند. انرژی الکترون در هر مداری از طریق فاصله‌ی آن از هسته دقیقاً تعیین می‌شود. الکترون‌ها می‌توانند فقط با فرو افتادن از یک مدار یا «تراز انرژی» به مدار پایین‌تر، انرژی از دست دهند،

که هر تراز را یک عدد کوانتومی، n، مشخص می‌کند. به این ترتیب فقط مقادیر دقیق انرژی در این انتقال‌ها دخیل بودند و آن‌ها که خطوط نازکِ رنگ پریده و ضعیف را تولید می‌کردند، در طیف‌ها دیده می‌شدند.



در این نمودار توضیح نیلس بور درباره‌ی خطوط مشخصه‌ی طیف‌های اتم‌های داغ مشاهده می‌شود. شش تراز انرژی (مدار) نخست در اتم هیدروژن را مشاهده می‌کنیم. وقتی الکترونی از یک تراز انرژی بالا به تراز پایین‌تر فرو می‌افتد، انرژی رها می‌کند. هر چه انرژی بیشتری رها شود، بسامد تابش ایجاد شده بالاتر است.

الکترون‌هایی که به حالت پایه ($n = 1$) فرو می‌افتند خطوط طیفی را در جزء فرابنفش طیف می‌سازند. فرو افتادن به $n = 2$ خطوطی در طیف مرئی تشکیل می‌دهند (این‌ها خطوطی‌اند که در طیف‌ها نموده می‌شوند، ۱۸۱٤ فراونهوفر). گذارها به تراز $n = 3$ خطوط واقع در طیف فروسرخ را ایجاد می‌کنند. جهش الکترون‌ها از ترازهای پایین‌تر به بالاتر مقادیر معادل انرژی را جذب می‌کنند.

> *وقتی صحبت بر سر اتم‌هاست، نمی‌توان از زبان شاعرانه بهره گرفت. شاعر نیز آنچنان علاقه‌ای به توصیف حقایق به مثابه تصویرهای خلاق ندارد.*
>
> نیلس بور

موضوع، دست‌کم در ابتدا، بسیار ساده بود اما به زودی مشکلات رخ نمود. خطوط طیفی دیگری، حتی برای ساده‌ترین عنصر، یعنی هیدروژن وجود داشت که مدل بور برای آن‌ها توضیحی ارائه نمی‌داد. بنابراین، مدل یاد شده به اصلاحات و پالایش‌هایی نیاز داشت. یکی از آن‌ها از این قرار بود که مدارها به جای دایره‌ای بودن امکان یابند بیضوی باشند (چنان‌که کپلر در مورد مدارهای سیارات در **۱۶۰۹** انجام داده بود). اصلاح دیگر این بود که مدارهای بیضوی را در جهت‌های مختلفی در فضا در نظر گیرند. البته، تمام شکل‌ها و جهت‌ها مجاز نبودند ــ بلکه فقط بعضی از آن‌ها مجاز بودند. «کوانتش یا کوانتیدگی» نامی بود که به این دگرگونی‌ها اطلاق کردند. اصلاح سوم این بود که الکترون را چرخان حول محورش در جهت ساعتگرد یا پادساعتگرد تلقی کنند.

بور سرانجام به جای یک عدد کوانتومی برای هر تراز انرژی که در ابتدا تعیین کرده بود، برای هر کدام چهار عدد کوانتومی در نظر گرفت. اما این تصویر کارآمد شد. وی موفق شد خطوط روشن در طیف‌ها را دست‌کم در عناصر سبک‌تر توضیح دهد، کاری که کس دیگری انجام نداده بود. با همه‌ی این احوال از همان آغاز موضوع نگران‌کننده‌ای در کار بود. بور می‌دانست که ایده‌های کهنه و نو را در هم آمیخته. آیا الکترون‌ها به راستی شبیه به سیارات به دور خورشید، هسته را دور می‌زنند، یا این فقط راه مفیدی بود برای به تصویر کشیدن آن‌ها؟ فیزیک نمی‌توانست واقعاً فیزیک قرن نوزدهم را ترک کند تا این‌که بور به این پرسش پاسخ داد (**۱۹۲۷**). **۱۹۲۶ ◄◄**

دو نفر به نام ویلیام برَگ/ براگ: معمار بلورها

۱۹۱۵

فقط یک پدر و پسرند که جایزه‌ی نوبل را به اشتراک برده‌اند، هر چند زوج‌های والدـ فرزند دیگری جوایز گوناگونی را ربوده‌اند. ویلیام هنری برَگ انگلیسی بود، اما ویلیام لورنس برگ در استرالیا به دنیا آمد که در آن هنگام پدرش استاد فیزیک دانشگاه ادلاید بود. هر دو بعداً در انگلیس حرفه‌های ممتاز و برجسته‌ای اختیار کردند، و به ترتیب رئیس مؤسسه‌ی سلطنتی (**۱۷۹۸ تامسون**) شدند و در سال ۱۹۱۵ جایزه‌ی نوبل را به اشتراک ربودند. ویلیام لورنس در ۲۵ سالگی، جوان‌ترین کسی بود که تا آن موقع به این آوازه می‌رسید، و بعداً جانشین ارنست رادفورد پر هیبت در مقام ریاست آزمایشگاه کاوندیش در کمبریج شد.

علائق متقابل این پدر و پسر به بلورها در سال ۱۹۱۲ بروز کرد که ماکس فون

لاوئه، فیزیکدان آلمانی، باریکه‌ای از پرتوهای ایکس را به داخل بلوری از یک کانی تابانید. نظر و علاقه‌ی وی بیشتر متوجه پرتوهای ایکس بود تا بلور، و می‌خواست ببیند که آیا پرتوهای ایکس را می‌توان به جای ذره‌ای، موجی تلقی کرد یا خیر. بلور، با آرایش منظم اتم‌هایش در صفحات موازی، شبیه به یک شبکه‌ی پراش (**۱۸۱۴ فراونهوفر**) بود، که می‌تواند نور را به رنگ‌های گوناگونش تجزیه کند زیرا نور مانند امواج رفتار می‌کند. آزمایش فون لاوئه اثبات کرده که در این مورد پرتوهای ایکس نیز رفتاری «موج‌گونه» دارند، هر چند که این استدلال فقط آغاز کار بود (**۱۹۲۴**).

براگ پدر و پسر روال این آزمایش را به هم زدند و همه چیز آن را زیر و رو کردند. آنان با علم به موجی بودن پرتوهای ایکس با طول موج معلوم، آن‌ها را به بلورهای مواد گوناگون تابانیدند. می‌خواستند بدانند اتم‌ها در بلورها چگونه آرایش یافته‌اند. پرتوهای ایکسی که ظاهر می‌شدند، بسته به فاصله و گروه‌بندی اتم‌ها، الگوهای پراش مختلفی ایجاد می‌کردند، با باریکه‌های روشن یا کم‌سو که می‌توانست از طریق چرخاندن بلور در تمام جهات در مقابل یک آشکارساز، یافته شود. کار بس پر زحمت و دشواری بود، همان‌گونه که تجزیه و تحلیل نتایج برای یافتنِ آرایش و فاصله‌گذاری اتم‌های دیده نشدنی، سخت و پیچیده بود. این کار دوم کاملاً ریاضیاتی بود، با محاسبات پیچیده که در دوران پیش از کامپیوتر، همگی با خلاقیت انجام شد. این محاسبات غالباً سال‌ها طول می‌کشید، حتی برای دانشمند ورزیده‌ای چون ویلیام لورنس برَگ.

چیز مهم در علم نه به دست آوردن حقایق جدید، بلکه کشف کردن راه‌های نو برای اندیشیدن پیرامون آن‌هاست.

ویلیام لورنس برگ

کارهای اولیه روی بلورهای ساده‌ای چون نمک طعام معمولی انجام شد، اما نیروی راستین این فناوری وقتی هویدا شد که پرتوهای ایکس را بر بلورهای ترکیب‌های آلی، مانند داروهایی تابانیدند که پاول ارلیش برای مبارزه با بیماری‌ها درست کرده بود (**۱۹۱۰**). فهم و شناخت معماری چنین موادی شیمیایی این امکان را پدید آورد که طرز کارشان را استنتاج کنند، و شاید انواع بهتری از آن‌ها را طراحی کنند و بسازند. این گونه تجزیه، که حالا کاملاً خودکار (اتوماتیک) شده است، برای صنایع داروسازی

امروزی بسیار مهم و تعیین‌کننده بوده است.

بعداً، برای ثبت پرتوهای ایکس پراشیده (آن‌طور که ویلیام رونتگن در سال ۱۸۹۵ یافته بود، پرتوهای ایکس نقاط روشن و تاریک بر روی فیلم‌های عکاسی بر جای می‌نهند، که نور مرئی هم همین کار را می‌کند) از عکاسی استفاده شد. این شیوه آزمایش‌ها را، اگر نه محاسبات را شتاب بخشید. در این راه، لینوس پولینگ (**۱۹۲۸**)، روزالیند فرانکلین و سایرین ساختار پروتئین‌ها، و سپس ساختار ماده‌ی ژنتیکی DNA را یافتند، که رسیدن به نقطه‌ی عطف اکتشافات مربوط به DNA به وسیله‌ی جیمز واتسون و فرانسیس کریک در ۱۹۵۳ امکان‌پذیر شد.

آلبرت اینشتین: انحنای فضا و زمان

۱۹۱۵ گرفتگی کلی خورشید در ۲۹ ماه مه سال ۱۹۱۹ آلبرت اینشتین آلمانی را به مشهورترین دانشمند جهان تبدیل کرد. اینشتین، بر پایه‌ی یک نظریه‌ی جدید که در سال ۱۹۱۵ منتشر شد، پیش‌بینی کرده بود که پرتوهای نور در هنگام عبور از کنار کشش (ربایش) گرانشی قدرتمند خورشید باید اندکی نسبت به مسیر مستقیم معمولشان خمیده شوند. این انحنا مواضع ظاهری این ستارگان در فضا را، هر چند اندک، تغییر می‌داد.

گرفت کلی خورشید فرصتی آرمانی برای آزمودن این ایده‌ی بنیانی به شمار می‌آمد. با فرو رفتن خورشید در محاق، ستارگان مجاور مرئی شدند و می‌شد مواضع آن‌ها را از طریق اندازه‌گیری تعیین کرد. ستاره‌شناسان به رهبری آرتور ادینگتون انگلیسی (**۱۹۲۰**) در خلال گرفتگی خورشید نتایج رصدهای خود را ثبت کردند. آنان دریافتند که موضع ستارگان به اندازه‌ی مقادیر اندکی تغییر می‌کرد که این مقادیر با پیش‌بینی‌های اینشتین منطبق بود. بعداً ثابت شد که ارقام به دست آمده به آن دقتی که در ابتدا گمان می‌کردند نیست، اما این رویداد در سطحی وسیع در آن زمان گزارش شد و وجهه‌ی همگانی اینشتین کاملاً جا افتاد.

نظریه‌ی نسبیت عام اینشتین، که این پیش‌بینی بر پایه‌های آن استوار بود، در سرشت خود، دیدگاه نوینی از گرانش به‌شمار می‌رفت. بنا بر نظر آیزاک نیوتون، یک تکه از ماده را ماده‌ی دیگری، هر چند در فضای خالی، با نیرویی می‌کشید و می‌ربود که اذعان کرد نمی‌تواند آن را توضیح دهد (**۱۶۸۷**). مثلاً، ماه به همین ترتیب در مسیری منحنی به دور زمین، به همین ترتیب کشیده می‌شد.

به دیده‌ی اینشتین، تا حدودی ملهم از ارنست ماخ (**۱۸۷۷**)، ماده بر روی زمین فضایی را که ماه در آن در حال حرکت است «خم می‌کند». ماه، که همواره در جستجوی پیمودن کوتاه‌ترین مسیر در فضاست، مسیری را پیدا می‌کند که اکنون به صورت یک حلقه‌ی بسته منحنی است و آن عبارت است از مدارش به دور خورشید. هر چه ماده بیشتر باشد، فضای بیشتری منحنی می‌شود، حتی اگر این منحنی روی خودش برگردد (بسته شود) (**۱۹۱٦**).

بنا بر نظریه‌ی اینشتین، ماده بر جریان زمان هم تأثیر می‌گذارد. ساعت در نزدیکی جرم عظیمی چون زمین کندتر کار می‌کند تا در فاصله‌ی دوری از آن. اثبات این امر نسبت به مبحث انحنای فضا دشوارتر بود، اما در دهه‌ی ۱۹٦۰ ساعت‌هایی را با موشک (و بعداً در ماهواره‌ها) به جاهایی با نیروی گرانش ضعیف‌تر فرستادند، که نسبت به سطح زمین اندکی تندتر کار می‌کردند. برعکس نظر نیوتون (**۱۷۱٦**)، هیچ زمان مطلقی و نیز هیچ فضای مطلقی وجود ندارد. فضا و زمان نسبی‌اند.

> *طی عمر طولانی یک چیز را فرا گرفته‌ام: کل علم ما، که با معیار واقعیت سنجیده می‌شود، ابتدایی و در دوره‌ی کودکی است، و چیزهای بسیار گرانبهایی مانده که به دست آوریم.*
>
> آلبرت اینشتین

در این میان، اینشتین چیز دیگری را بهتر از نیوتون توضیح داده است. مشاهدات و رصدهای نجومی طی سالیان بسیار، چیز عجیب و غریبی را درباره‌ی سیاره‌ی عطارد نشان داده‌اند. نزدیک‌ترین نقطه بر مدار آن به خورشید (حضیض خورشیدی‌اش) در فضا ثابت نیست بلکه فوق‌العاده آهسته حول خورشید حرکت می‌کند. به بیان دیگر کل مدار اندکی بیضی‌شکل مشتری در حال چرخش است. اینشتین این «پیشروی حضیض خورشیدی عطارد» را در حکم یکی دیگر از پیامدهای انحنای فضا به واسطه‌ی جرم بسیار زیاد خورشید توضیح داد. سایر سیارات دورترند و این اثر بر آن‌ها تأثیر نمی‌گذارد. نیوتون نیز مقداری پیشروی را پیش‌بینی کرده بود، اما فقط نصف میزانی که اینشتین پیش‌بینی کرد و عملاً یافته شد.

باید بدانیم که اینشتین باعث نشد نیوتون منسوخ و کنار نهاده شود. راه و روش اینشتین طریقه‌ی متفاوتی از تفکر درباره‌ی گرانش است و در برخی شرایط افراطی

و واقع در منتهاالیه دیگر، پیش‌بینی‌های بهتری به دست می‌دهد. اما «قانون گرانش» نیوتون با «کنش از راه دور»ش هنوز هم به طور کامل برای تقریباً تمامی شرایط مناسب و کافی است. در اواخر قرن بیستم کاوشگرهایی فضایی به حاشیه‌های منظومه‌ی شمسی فرستاده شدند، که غالباً با تقریب چند کیلومتر و چند ثانیه نسبت به فضا و زمان مورد نظر پس از سالیانی چند و پیمودن میلیون‌ها کیلومتر، و با کنترل کننده‌هایی که فقط بر پایه‌ی اصول نیوتون کار می‌کردند، به نقاط پیش‌بینی شده وارد شدند.

کارل شوارتسشیلد: سیاهچاله‌ها و سفیدچاله‌ها

۱۹۱۶ آلبرت اینشتین در «نظریه‌ی نسبیت عام» خود در سال **۱۹۱۵**، که درباره‌ی انحنای فضا بر اثر وجود ماده است، به کل فیزیک شکلی تازه داده بود. یک سال بعد، برخی از بسیار پیامدهایش شروع به آشکار شدن کرد. کارل شوارتسشیلد، فیزیکدان آلمانی، ستاره‌ای غول‌آسا، چندین برابر جرم خورشید خودمان، را به تصور درآورد، که سوخت آن تخلیه شده و به پایان حیاتش رسیده، و تحت فشار وزن خودش رمبیده است. همچنان‌که ماده آن شروع به روی هم ریختن کرد و حجمش به صورت دم افزونی زیاد شد، نیروی گرانش در آنجا شدت یافت یا، به قول اینشتین، فضای پیرامون ستاره هر چه بیشتر انحنا یافت. پرتوهای نوری که تلاش می‌کردند از این ستاره‌ی انقباضی خارج شوند بایستی مسیرهای هر چه منحنی‌تری را می‌پیمودند.

در یک نقطه‌ی تعیین‌کننده و بحرانی، مسیرهای نور روی خودشان برگشتند و نور دیگر قادر نبود از آنجا خارج شود. ستاره‌ی در حال رمبیدن به آن چیزی تبدیل شد که اکنون آن را «سیاهچاله» می‌گوییم و «افق رویداد» پیرامونش را فرا گرفته است. هیچ چیزی، حتی نور، نمی‌تواند از این ستاره خارج شود. سیاهچاله‌ها در مقایسه با ستارگانی که منشأ آن‌ها هستند، کوچک‌اند: قطرشان به جای میلیون‌ها کیلومتر، شاید چند صد متر باشد.

سیاهچاله‌ها ایده‌ی جدیدی نبودند. جان میچل، یک روحانی قرن هجدهمی، «ستاره‌ی تاریکی» را، بر پایه‌ی ایده‌های نیوتون درباره‌ی گرانش، در سال **۱۷۸۳** تجسم کرده بود. پیشنهاد و طرح شوارتسشیلد، بر پایه‌ی نظریه‌ی نسبیت عام اینشتین، از جزئیات بیشتر و نتیجه‌گیری‌های حیرت‌انگیزی برخوردار بود. وی نمی‌دانست که چرا همین‌که سیاهچاله شکل گرفت، رمبش باز می‌ایستد و متوقف می‌شود. این رمبش، پنهانی، ادامه پیدا می‌کند، تا این‌که چگالی ماده در قلب چاله، نیروی گرانش در

آنجا و انحنای فضا همگی نامتناهی شوند. این واقعه یک «تکینگی» بود. نقطه‌ای که در آن قوانین فیزیک آن‌طور که آن‌ها را می‌شناسیم دیگر نباید صادق باشند. این پیشنهاد چنان باورنکردنی و عجیب و غریب بود که چندین دهه برآورد و تخمین شوارتسشیلد اصلاً جدی گرفته نشد. اصطلاح «سیاهچاله» حتی تا سال ۱۹٦۸ هم به کار نرفت.

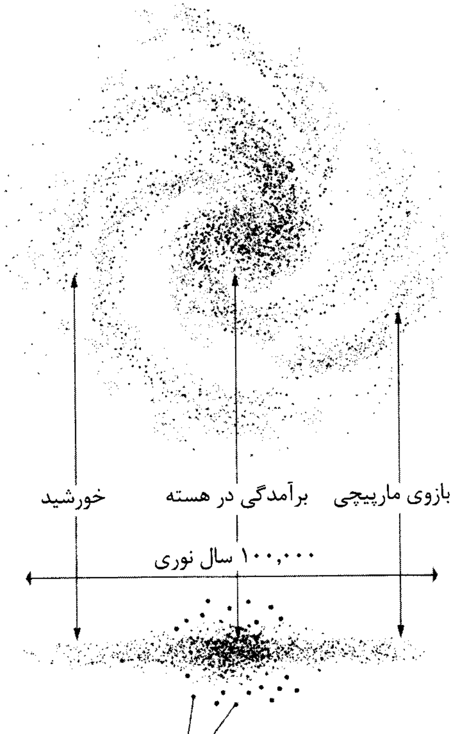
دست‌کم در عالم نظر، کل این فرایند نمی‌تواند به عقب، به فضاـ زمان ناخمیده، و ماده و انرژی گسیلی از تکینگی به عقب برگردد که به آن لقب مناسب «سفیدچاله» داده‌اند. این روند در مقیاس ریز شبیه است به بیرون‌ریزی گسترده‌ی ماده و انرژی که همگان به آن «مهبانگ یا انفجار بزرگ» می‌گویند، و بسیاری دانشمندان آن را سرآغاز جهان هستی ما می‌دانند (۱۹۵۰).

مفهوم کم‌تر پذیرفته شده‌ای از این قرار است که بین سیاهچاله‌ها و سفیدچاله‌ها می‌تواند از طریق «کِرمچاله‌هایی» ــ تونل‌هایی در فضا و زمان ــ ارتباط برقرار شود. حتی اگر این کرمچاله‌ها وجود داشته باشند، بهره‌گیری از آن‌ها به عنوان مسیرهای سریع‌السیر گذار به سایر زمان‌ها و فضاها در جهان هستی به معنای نخستین «اسپاگتی‌سازی» بقا، یعنی فرایند پاره پاره شدن به نوارهای هرچه باریک‌تر بر اثر نیروی فراگیر گرانش درون سیاهچاله، خواهد بود.

هارلو شَپلی: در کجای کهکشان قرار داریم؟

۱۹۱۸ در سال ۱٥٤۳ نظریه‌ی جدید و بنیانی نیکولاس کوپرنیک زمین را از مرکز جهان هستی بیرون رانده بود. به جای این‌که خورشید، سیارات و سپهر گسترده‌ی ستارگان به دور زمین بگردند، حالا این زمین بود که خورشید را دور می‌زد. حتی شاید خورشید در مرکز عالم ساکن بود. رویهمرفته، به نظر می‌رسید ستارگان در همه‌ی جهات پراکنده‌اند.

در اوایل با نگریستن به راه شیری شواهد عکسی هویدا بود. اکنون اکثر ستاره‌شناسان معتقد بودند که این نوار نور در عرض آسمان حاکی از آن است که خورشید و خانواده‌اش در مجموعه‌ی گسترده‌ای متشکل از هزاران میلیون ستاره، به نام کهکشان، به شکلی شبیه به چرخ، واقع باشند (۱۷۵۰). از آنجا که یک طرف راه شیری (یعنی، به سوی صورت فلکی قوس) پهن‌تر و چگال‌تر از طرف دیگرش می‌نمود، خورشید باید جایی دور از مرکز آن قرار می‌داشت، و نه در جایی نزدیک به قلب کهکشان ما.



اخترشناسان امروزه کهکشان ما را چنین تجسم می‌کنند، شبیه به وسیله‌ای آتش‌بازی به نام «چرخ کاترین». در راه شیری، با قطری حدود ۱۰۰,۰۰۰ سال نوری، ضخامت ۱۰,۰۰۰ سال نوری در وسط، حدود ٤۰۰ میلیون ستاره را در برآمدگی مرکز و چهار یا پنج بازوی مارپیچ‌اش جای داده است. اگر اندازه‌ی کهکشان ما به ابعاد رویه‌ی میز غذاخوری باشد، نزدیک‌ترین کهکشان همدمش چهار متر با آن فاصله خواهند داشت.

در سال ۱۹۱۸ هارلو شپلی، اخترشناس آمریکایی، در این خصوص به شواهد بیشتری دست یافت. وی توجه خود را بر توزیع گوی‌های چگال ستارگان به نام «خوشه‌های کروی» متمرکز کرد. او از روش جدید هنریتا لویت (**۱۹۱۲**) برای پی بردن به فاصله‌ی این خوشه‌ها از درخشندگی ظاهری متغیرهای قیفاووسی درون‌شان بهره

گرفت. وی دریافت که صدها از این خوشه‌ها در گوی عظیمی پیرامون مرکز کهکشان ما آرایش یافته‌اند. قطعاً زمین یا خورشید مرکز آن‌ها نبود. اندازه‌گیری‌های او حاکی از آن بودند که ما در فاصله‌ای بیشتر از نیمه‌راه مرکز راه شیری تا لبه‌اش قرار داریم.

شپلی از کهکشان ما برآوردها و تخمین‌های اولیه‌ای نیز به دست داده است: قطر ۳۰,۰۰۰ سال نوری، و شاید در میانه ٦,۰۰۰ سال نوری، که به سوی لبه که می‌رود کشیده و دوکی‌شکل می‌شود، و خورشید تقریباً در فاصله‌ی ۱۰,۰۰۰ سال نوری از مرکزش واقع شده است. برآوردهای جدید این ارقام را حدود ۳۰۰ درصد افزایش داده است، اما هنوز هم ما در «حومه‌ی بیرونی» واقع شده‌ایم.

شپلی به انجام قسمت عمده‌ی این کار قادر بود زیرا تلسکوپ جدید بزرگی در اختیار داشت، که قطر آینه‌ی آن ۲/۵ متر بود. این تلسکوپ به نحو چشمگیری بزرگ‌تر از رکورددار پیشین بود که ارل راس (**۱۸٤۷**) آن را ساخته بود، و بر خلاف آن، کاملاً قابل هدایت به تمام جهات بود. برای این‌که بدانیم فناوری چقدر پیشرفت کرده است، باید گفت که قطر این تلسکوپ جدید دو برابر، و توان گردآوری آن چهار برابر تلسکوپ ویلیام هرشل بود که در سال **۱۷۸۹** بزرگ‌ترین تلسکوپ جهان به‌شمار می‌رفت. این تلسکوپ جدید در قله‌ی کوه مونت ویلسون، شمال لس آنجلس، نصب شده بود، و نخستین تلسکوپی محسوب می‌شد که به نحو سنجیده‌ای به دور از نور و جمعیت رو به افزایش کلان‌شهرها واقع شده بود. این تلسکوپ در سال ۱۹۱۷ در جهان اول بود و به مدت ۳۰ سال از لحاظ اندازه و توان کماکان در رتبه‌ی اول جهان باقی ماند.

ارنست رادرفورد: «کیمیاگری جدید»

۱۹۱۹ رؤیای کیمیاگران قدیم از این قرار بود که بتوانند ماهیت فلز پایه‌ای چون سرب را به فلز جدیدی چون طلا تبدیل کنند. از زمانی که جان دالتون (**۱۸۰۸**) اثبات کرده بود که عناصر شیمیایی از اتم‌های تغییرناپذیر و دائمی تشکیل می‌شوند، محال به نظر می‌رسید. این اتم‌ها می‌توانستند خودشان را به صورت مولکول‌های ترکیب‌های مختلف بازآرایی کنند، اما تبدیل سرب به طلا از جمله‌ی گزینش‌ها به‌شمار نمی‌آمد.

در سال ۱۹۱۹ ارنست رادرفورد زلاندنوی‌تبار، که آن هنگام در دانشگاه منچستر بود و قبلاً هم جایزه‌ی نوبل را دریافت داشته بود، گزارش داد که به نخستین کیمیاگر

عصر جدید تبدیل شده است. وی سرب را به طلا بدل نکرده بود بلکه نیتروژن را به اکسیژن تبدیل کرد، که کار آسان‌تری به‌شمار نمی‌آمد. او هنوز هم با ذرات آلفایی کار می‌کرد که در اثبات این امر که هر اتمی هسته‌ی ریزی دارد، نقش بسیار مهمی ایفا کرده بود (**۱۹۰۹**). این ذرات، که به وسیله‌ی عناصر پرتوزایی چون پولونیم بیرون انداخته می‌شدند، به وسیله‌ی خود رادرفورد هسته اتم‌های هلیم، با بار دو و جرم چهار، از کار درآمده بودند (**۱۹۰۳**).

رادرفورد و گروه دستیارانش این ذرات را به داخل گازهایی چون هیدروژن، اکسیژن و نیتروژن شلیک کردند تا ببینند چه اتفاقی می‌افتد. نتیجه‌ی آزمایش با نتیروژن حیرت‌آور بود. صفحه‌ی آشکارسازی برخی ذرات پر توان را نشان می‌داد که خارج شده بودند. این‌ها اتم‌های نیتروژنی نبودند که ذرات آلفا به آن‌ها برخورد کرده بود، حتی ذرات آلفای تک‌افتاده هم نبودند، بلکه اتم‌های هیدروژن بودند (که فقط یک الکترون از دست داده بودند). اگر یک اتم هلیم وارد می‌شد که در خروجی به یک اتم هیدروژن تبدیل می‌شود، پس نیتروژن باید به اکسیژن تبدیل می‌شد. در غیر این صورت، جرم و بار ذرات گوناگون نباید افزوده می‌شد. هسته‌ی هلیم و نیتروژن شکسته و بازآرایی شده بودند. رادرفورد در واقع ماهیت یک عنصر را به عنصر دیگر تبدیل کرده بود. کیمیاگری میسر شد.

رادرفورد پیش‌بینی کرد که اگر بتواند ذرات بسیار پر انرژی‌تری را شلیک کند، هسته‌ی بسیاری اتم‌ها را می‌شد شکست و گشود و دید که درونشان چه خبر است، این اتفاق تا ده سال بعد نیفتاد، اما سرانجام تحقق یافت (**۱۹۳۲ آزمایشگاه کاوندیش**). رادرفورد قسمت اعظم این کار را در خلال سال‌های تعطیلی جنگ جهانی اول انجام داد، که سبب شد وی نشست‌های یک کمیته‌ی مهم درباره‌ی استفاده از علم در نبرد ضد زیردریایی را از دست بدهد. وی در ضمن یک عذرخواهی نوشت: «اگر، چنان‌که باور دارم، هسته‌ی اتم را شکافته باشم، اهمیتش از جنگ بسیار فراتر است». ◄◄ ۱۹۲۰

توجه به مدیریت امور خود دانشمندان از جانب آن‌ها امر مهمی است، در غیر این صورت کارمندان دولتی حرفه‌ای به این عرصه گام می‌گذارند. و در آن صورت خداوند به شما رحم کند.

ارنست رادرفورد

$$He_2^4 + N_7^{14} \longrightarrow O_8^{16} + H_1^2$$

این معادله دستاورد ۱۹۱۹ رادرفورد را جمع‌بندی می‌کند: وی یک عنصر را به عنصر دیگر تبدیل کرد: تحقق رؤیای کیمیاگران. اتم‌های هلیم (ذرات آلفای گسیلی از عنصری پرتوزا) را با اتم‌های نیتروژن برخورد دادند. اتم‌های هیدروژن بسیار پر انرژی تولید شدند؛ این امر فقط با این فرض قابل توضیح است که نیتروژن به اکسیژن تبدیل شده است.

عدد کوچک‌تر در پایین علامت اختصاری هر عنصر (مثلاً،) عدد اتمی ـــ تعداد پروتون‌ها در هسته‌ی اتمی (که تعداد الکترون‌ها را نیز می‌دهد و بنابراین ماهیت آن عنصر را هم تعیین می‌کند) ـــ است. عدد بالایی (مثلاً، ۱۶ در) وزن اتمی است ـــ تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها (که وجود آن در زمان رادرفورد اثبات نشده بود). در این حالت، هم عدد اتمی و هم وزن اتمی پایسته‌اند.

جیمز کرول و میلوتین میلانکوویچ:
وضع آب و هوا (اقلیم) را چه چیزی تغییر می‌دهد؟

۱۹۱۹ در یکی از اعصار یخبندان (۱۸۳۶)، سیاره‌ی ما سراسر بسیار سردتر شد و نواحی پوشیده از یخ پهنه‌ها (یخسارها) گسترش یافتند. این نظریه که دوران‌های یخبندان ناشی از نیروی کششی سایر سیارات وارد بر کره‌ی زمین است شبیه به طالع‌بینی به نظر می رسد، اما عملاً معلومات سودمندی است. این نظریه معمولاً با ستاره‌شناس صرب، میلوتین میلانکوویچ قرین است، اما وی نخستین کسی نیست که به این فکر افتاد.

جیمز کرول اسکاتلندی عمدتاً خودآموخته بود، و هرگز از مرتبه‌ی حرفه‌ی دفتری در نهاد مساحی جغرافیایی اسکاتلند فراتر نرفت. با همه‌ی این احوال وی را با دانشمندان پیشگامی چون چارلز داروین و چارلز لایل متناظر می‌دانند و به عضویت انجمن سلطنتی هم پذیرفته شد. پیش از کرول، اوربَن لووِریه، ستاره‌شناس فرانسوی، که وجود سیاره‌ی نپتون را پیشگویی کرده بود (۱۸۴٦)، به این فکر افتاده بود که کشش گرانشی سایر سیارات، بخصوص مشتری، سبب می‌شود مدار زمین هر ۱۰۰,۰۰۰ سال یک بار تقریباً از دایره‌ای به بیضی‌وارتر تغییرشکل دهد.

در سال ۱۸۷۵، تقریباً ۵۰ سال پیش از میلانکوویچ، کتاب کرول تحت عنوان *اقلیم و زمان در رابطه‌ی زمین‌شناختی آن‌ها* مطرح کرد که این تغییرات ظریف در مدار بر اقلیم یا وضع آب و هوا تأثیر می‌گذارند، و کره‌ی زمین را به دوره‌های زمانی قابل

پیش‌بینی یا به دوران یخبندان می‌برند و یا از آن خارج می‌کنند. علم در زمان وی به اندازه‌ی کافی دقیق نبود که اثبات کند حق با اوست یا اشتباه می‌کند. از این رو نظریه‌اش به فراموشی سپرده شد.

از سال ۱۹۲۰ میلانکوویچ جزئیات زیادی به این نظریه افزود. وی از سه چرخه بهره گرفت: تغییر شکل ۱۰۰,۰۰۰ ساله‌ی مدار زمین، تغییر در زاویه‌ی میل محور کره‌ی زمین در هر ۴۱ هزار سال، و تغییرات بیش از ۲۲,۰۰۰ ساله در مدت زمانی از سال که زمین در نزدیک‌ترین فاصله به خورشید قرار دارد. این تغییرات یا بر مقدار انرژی دریافتی زمین از خورشید، زمانی از سال که بیشترین انرژی وارد می‌شود یا مناطقی که حداکثر انرژی را دریافت می‌کنند، تأثیر می‌گذارد.

این‌ها جمعاً می‌توانند وضع آب و هوا و اقلیم را تغییر دهند. اگر، به دلایل گوناگون، تابستان‌های شمالی سردتر شوند، یخ و برف بیشتری ذوب نشده برای زمستان بعدی باقی می‌ماند. در ظرف چندین زمستان، نواحی زیر یخ و برف گسترش می‌یابند و انرژی خورشیدی بیشتری را به داخل فضا منعکس می‌کنند، که سیاره‌ی ما را باز هم سردتر می‌کنند و آغاز دوره‌ی یخبندان جدید را جلو می‌اندازند. میلانکوویچ دوران‌های یخبندان به درازی ۱۰۰,۰۰۰ ساله را پیش‌بینی کرد که دوره‌های طولانی‌تر (میان یخچال‌های) به مدت حدود ۱۰,۰۰۰ سالِ گرم‌تر بین آن‌ها اتفاق می‌افتد. دوره‌های یخبندان او همچنان‌که پیش می‌رفت، سخت‌تر و شدیدتر می‌شد، و پیش از این‌که به پایان برسند به سرعت گرم می‌شدند.

در همان زمانی که او مشغول نوشتن بود، شواهدی درباره‌ی دوران یخبندان هنوز هم ابتدایی بودند، اما دانسته و معلوم شد که یخ‌پهنه‌ها چندین بار تشکیل شده و از بین رفته‌اند. این شواهد برای متقاعد کردن کسانی که نسبت به این آرا شک داشتند، کافی نبود: این ایده‌ها خیلی بنیادی به نظر می‌رسیدند. فرضیه‌ی میلانکوویچ به مدت پنجاه سال از توجه و اعتنا به دور ماند. فرضیه‌ی میلانکوویچ، شبیه سایر ایده‌هایی که در ابتدا با اعتراض و انکار مواجه می‌شوند، همان‌گونه که درباره رانه‌ی قاره‌ای اتفاق افتاد (**۱۹۱۲ وگنر**) اکنون از حمایت گسترده‌ای برخوردار است. جزئیات اوج و فرود (ظهور و سقوط) دوران‌های یخبندان، که از مطالعه و بررسی لایه‌های یخ در گرین‌لند و قاره‌ی جنوبگان و رسوب‌های بستر دریا به دست می‌آیند، با تغییر کشش سیارات با دقت زیادی منطبق‌اند.

می‌ارزد که به الگوی کنونی سیارات توجه کنیم که حاکی از آن است که دخالت انسان به کنار، کره‌ی زمین به سوی یک دوره‌ی یخبندان جدید پیش می‌رود.

آرتور ادینگتون: درخشندگی خورشید از کجا ناشی می‌شود؟

۱۹۲۰

طی صدها سال، پاسخ‌های متنوعی به این پرسش داده شده است: چه چیزی باعث درخشندگی خورشید است؟ چرا همچنان به نورافشانی و گرمادهی، شاید تا ابد، ادامه می‌دهد؟ این اظهارنظر که خورشید عملاً در حال سوختن است، یک علت ابتدایی بود. هیچ سوخت شناخته‌شده‌ای نمی‌تواند خورشید را به مدتی بیش از چند هزار سال در حال سوختن نگه دارد، و به هر حال، هیچ اکسیژنی در خلأ فضا وجود ندارد. پر شدن مداوم از سوخت از طریق برخورد سیارک‌ها و دنباله‌دارها نمی‌تواند در این راه کمکی بکند و مؤثر باشد.

بازمانده‌های گرمای ناشی از رمبش اولیه‌ی سحابی که خورشید و سیارات از آن شکل گرفته‌اند (**۱۷۹۶**) شاید بعد از ۱۰۰ میلیون سال باید از بین می‌رفت. پرتوزایی در آن موقع داشت ثابت می‌کرد که کره‌ی زمین بسی قدیمی‌تر از این زمان است (**۱۹۲۱**) و میلیاردها سال درخشندگی خورشید ضروری به نظر می‌رسید تا فرایند کند و آهسته‌ی تکامل زیستی (بیولوژیکی) برای ایجاد تنوع کنونی گیاهان و جانوران تحقق یابد.

> *اگر نمی‌توانستیم معنایی را در دنیای پیرامونمان فراتر از آن که بشود با ابزار فیزیکدان توزین کرد و اندازه گرفت یا با نمادهای متریک ریاضیدان توصیف کرد، درک کنیم، حیات متوقف و محدود می‌شد.*
>
> آرتور ادینگتون

آرتور ادینگتون، ستاره‌شناس دانشگاه کمبریج، به خاطر رصدها و انتشاراتش از خورشیدگرفتگی سال ۱۹۱۹ که نظریه‌ی نسبیت عام اینشتین (**۱۹۱۵**) را تأیید کرد، به شهرت رسیده بود. ادینگتون از کار یک کمبریجی دیگر، فرانسیس اشتون، کمک گرفت. اشتون، با بهره‌گیری از طیف‌نمایی جرم که جی جی تامسون اختراع کرده بود (**۱۹۰۷**)، وزن اتم‌های هیدروژن و هلیم را دقیقاً تعیین کرد. وی نشان داد که وزن اتم هلیم اندکی کم‌تر از چهار برابر وزن اتم هیدروژن است. ادینگتون این یافته را غنیمت شمرد، و حدس زد که در درون خورشید و سایر ستارگان، هر بار چهار اتم هیدروژن، با یکدیگر «همجوشیده» می‌شوند و یک اتم هلیم را تشکیل می‌دهند.

در سال ۱۹۱۹ ارنست رادرفورد پی برده بود که «کیمیاگری» با کمک علم جدید

امکان‌پذیر است: یک عنصر را می‌توان به عنصر دیگر تبدیل کرد، مانند تبدیل ماهیت نیتروژن به اکسیژن. ادینگتون کیمیاگری را برای منظور دیگری مطرح می‌کرد. کاستن اندکی از جرم در هنگامی که چهار اتم هیدروژن به یک اتم هلیم تبدیل می‌شوند، دوباره به صورت انرژی ظاهر می‌شود، که آلبرت اینشتین این فرایند را در قالب معادله‌ی مشهور خود مجاز اعلام کرده بود (**۱۹۰۷**). محاسبات نشان دادند که تبدیل یکنواخت حتی مقدار اندکی از ذخیره‌ی عظیم هیدروژن خورشید به هلیم میلیاردها سال توان آن را تأمین می‌کند. جزئیات تعیین‌کننده‌ای بعداً هویدا شد (**۱۹۳۸ بته و فون وایتسکر**)، اما به گفته‌ی ادینگتون، «لازم نیست بیشتر از این‌ها در پی چشمه‌ی انرژی ستارگان بگردیم».

ارنست رادرفورد: جهانی درون هسته

۱۹۲۰

واژه‌ی «اتم» از کلمه‌ای یونانی به معنای «تقسیم‌ناپذیر» گرفته شد.در چند دهه‌ی اول قرن بیستم، این معنا دیگر برازنده و مناسب نبود. روشن بود که اتم‌ها مؤلفه‌هایی پنهان دارند، و می‌توان این مؤلفه‌ها را جدا کرد. جی جی تامسون مکانی برای الکترون‌های منفی‌بار در درون اتم‌ها یافته بود (**۱۸۹۹**). معلوم شد که بار مثبت باقی‌مانده در یک تکه‌ی مرکزی ریز یا هسته واقع است (**۱۹۰۹**)، که ظاهراً الکترون‌ها به دور آن می‌گردند (**۱۹۱۱**). اکنون این پرسش مطرح بود: هسته از چه چیزی ساخته شده؟ آن را هم می‌شود شکست؟

یک قرن پیش از آن، ادوارد پراوت شیمیدان انگلیسی اظهار داشته بود که تمام اتم‌ها از اتم‌های هیدروژن ساخته شده‌اند، اما اندازه‌گیری وزن اتمی در آن زمان مؤید این ایده نبود (**۱۸۰۸ دالتون**). هیچیک از اتم‌ها به وزن تعداد دقیقی از اتم‌های هیدروژن نبودند؛ مثلاً، وزن اتمی کلر ۳۵/۵ برابر وزن اتمی هیدروژن بود. اما کشف ایزوتوپ‌ها، یعنی انواع یک عنصر با اوزان اتمی مختلف (**۱۹۰۷**)، این مسئله را حل کرد: چیزی شبیه فرضیه‌ی پراوت هواخواه پیدا کرد. ارنست رادرفورد، پیشگام بزرگ در تمامی این دانش نو، استدلال کرد که هر هسته‌ای از ذرات یکسانی ساخته می‌شود که او آن‌ها را «پروتون» (برگرفته از واژه‌ای یونانی به معنای «نخستین») نامید، که تعداد آن‌ها با وزن اتمی عنصر برابر است. به این ترتیب، یک هسته‌ی اکسیژن ۱۶ پروتون، کربن ۱۲ پروتون، کلر یا ۳۵ یا ۳۷ پروتون دارد، و الی آخر.

اما یک مشکل وجود داشت. مشخصه‌ی جدیدی در خصوص اتم برجسته شد.

این مشخصه «عدد اتمی» بود، که عبارت بود از تعداد الکترون‌ها در یک اتم یا تعداد بارهای مثبت در هسته‌ی آن. این تعداد در کربن شش، در اکسیژن هشت، در کلر همیشه ۱۷ بود. عدد اتمی مهم است، عناصر در جدول تناوبی (**۱۸٦۹**) بنا بر عدد اتمی بهتر آرایش می‌یابند تا بر حسب وزن اتمی.

شاید هسته نیز حاوی الکترون‌ها می‌بود، آنقدر سبک که اختلاف چندانی در وزن پیدا نمی‌کرد، اما قادر بود مقداری از بار مثبت را خنثی کند و بنابراین اختلاف بین وزن اتمی و عدد اتمی را به وجود آورد. از این رو شکل متداول کربن ۱۲ پروتون و شش الکترون، و کلر ۳۵ یا ۳۷ پروتون دارد که ۱۸ یا ۲۰ الکترون آن را موازنه می‌کند. اگر هر یک از این الکترون‌ها از اتم‌های پرتوزای سنگین بیرون می‌جهید، این اتم‌ها می‌توانستند چشمه‌ی ذرات بتایی باشند که رادرفورد برای نخستین بار توصیف‌شان کره بود (**۱۸۹۹ پرتوزایی**).

در سال ۱۹۲۰ رادرفورد خودش ایده‌ی بهتری را مطرح کرد. ذره‌ی همدمی را برای پروتون مجسم کرد، ذره‌ای با همان جرم اما بدون بار الکتریکی. وی این ذره را «نوترون» نامید؛ این ذره تا دوازده سال بعد آشکارسازی نشد (**۱۹۳۲ آزمایشگاه کاوندیش**). فرضیه‌ی نوترون ایزوتوپ‌ها را توضیح می‌داد؛ مقدار مساوی پروتون‌ها، تعداد متفاوت نوترون‌ها. از این رو دو نوع کلر هر دو ۱۷ پروتون داشتند اما با ۱۸ یا ۲۰ نوترون. توضیحی نیز برای ذرات بتا وجود داشت. شاید، در عناصر پرتوزا، نوترون‌ها خودبه‌خود به پروتون تبدیل می‌شوند، الکترون‌ها را به بیرون شلیک می‌کنند تا کل بار الکتریکی را ثابت نگه دارند.

رادرفورد همچنین حدس زد که وجود و حضور نوترون به نگهداری پروتون‌ها در کنار هم کمک می‌کند؛ در غیر این صورت رانش متقابل آن‌ها هسته را منفجر می‌کند و از هم می‌پاشاند. وی نیروی ربایشی جدیدی را بدیهی فرض کرد، که بعداً آن را «نیروی قوی» نام نهادند، که فقط بین پروتون‌ها و نوترون‌ها عمل می‌کند (**۱۹۳٦**). در اینجا نیز وی از زمانه‌ی خودش جلوتر زد؛ این نیرو روزی باید به منبع تغذیه‌ی رآکتورهای هسته‌ای و بمب اتمی تبدیل می‌شد (**۱۹۳۸ شکافت هسته‌ای**).

آرتور هُلمز: سن‌یابی کره‌ی زمین

۱۹۲۱ کشف پرتوزایی در سال **۱۸۹٦** مجادله‌های دیرپای مربوط به عمر کره‌ی زمین (**۱۸٦۲**) را دگرگون کرد. پرتوزایی در سنگ‌ها سرچشمه‌ای دراز عمر

از گرمای درونی فراهم می‌آورد، که این امکان را به زمین می‌دهد که صدها میلیون یا حتی میلیاردها سال، آن طور که زمین‌شناسان و حمایت‌کنندگان تکامل معتقدند، عمر داشته باشد. و تبدیل‌های تدریجی و آهسته‌ی مواد پرتوزا این امید را به وجود آورده که بتوانیم عمر کره‌ی زمین را تعیین کنیم.

یک بار دیگر، ارنست رادرفورد پر انرژی پیشاپیش این حرکت قرار داشت. رادرفورد، به اتفاق فردریک سادی، حکایت‌های حیات و روابط خانوادگی عناصر پرتوزای گوناگون را که چند نسل واپاشی را طی کرده، و سرانجام دیگر از پرتوزایی بازمانده بودند، رمزگشایی کرده بود (**۱۹۰۳**). برخی از این عناصر فرزندانی داشتند که به سرعت واپاشیده می‌شدند،

در حالی که والدین، مانند اورانیم و توریم، می‌توانستند میلیون‌ها، حتی میلیاردها سال دوام آورند. رادرفورد فکر می‌کرد درکی از گذشتن عمر این عنصر از مقایسه‌ی کمیت‌های این عناصر درازعمر و کوتاه‌عمر در نمونه‌ای کانی می‌تواند حاصل شود.

این آرتور هلمز انگلیسی سرسخت بود که با این روش تا پیروزی نهایی مقاومت کرد. رادرفورد و سادی پی بردند که رادیم در ده مرحله به سرب غیر پرتوزا وامی‌پاشد، که هر مرحله عنصر جدید متمایزی پدید می‌آورد. هلمز استدلال کرد که چون هر گامی با آهنگ معلومی برداشته می‌شود، مقایسه‌ی مقادیر عناصر «دختر» گوناگون (از جمله سرب) باید حاکی از این باشد که این فرایند چه مدت طول کشیده است، یا از موقعی که کانی والد سخت شده است چه مدتی سپری شده (زیرا این مرحله هر کدام از دخترها را از فرار از واپاشی‌های بعدی باز می‌دارد).

انجام این اندازه‌گیری‌ها پیچیده و زمان‌بَر بود، آنقدر که به نظر بسیاری از زمین‌شناسان به زحمتش نمی‌ارزید. هیچکدام هم از مداخله‌جویی فیزیکدانی چون هلمز در قلمروشان نگران و ناراحت نبودند. اما هلمز با این بی‌تفاوتی به مقابله و نبرد برخاست، و پیوسته روش‌های خود را بهبود بخشید و خطاها را کاهش داد.

تا سال ۱۹۲۱ او به کامیابی دست یافته بود. سخنرانی‌های نشستی در انجمن بریتانیایی پیشرفت علم در آن سال پذیرفتند که سن‌یابی پرتوزا معتبر است و بنا بر آن زمین «چندین میلیارد» سال عمر دارد. زمان درازی برای تکامل و تغییر کُند زمین‌شناختی سپری شده تا چهره‌ی کره‌ی زمین و ساکنانش ایجاد شود و شکل بگیرد. در سال ۱۹۲۶ آکادمی علوم ایالت متحده‌ی آمریکا نشستی را برپا کرد تا این موضوع را بیشتر مطالعه و بررسی کند. گزارش نهایی آن نشست را عمدتاً آرتور هلمز نوشت. می‌توانید حدس بزنید که در این نشست چه گفته شد.

جدول زمانی طول عمرها				
دوران	**دوره**	**زمان آغاز**	**علت نام‌گذاری**	**اتفاقی که افتاد**
سنوزوئیک یا دوران سوم (اخیرزیستی)	کواترنر	۱/۸ میلیون سال ق.	بخش چهارم سنگ‌ها بنا بر نام‌گذاری آردوئینو (۱۷۵۹)	عمدتاً با یک رشته اعصار یخبندان ادامه یافته. تکامل انسان امروزی.
	ترشیری	۶۵ میلیون سال ق.	بخش سوم سنگ‌ها مطابق نام‌گذاری آردوئینو (۱۷۵۹)	تحقق سلطه‌ی پستانداران و پرندگان
مزوزوئیک (میان زیستی)	کرتاسه	۱۴۵ میلیون سال ق.	برگرفته از لاتین به معنای «گل سفید»؛ صخره‌های سفید تنگه‌ی دوور در این زمان برپا شدند.	پردامنه‌ترین سلطه‌ی دایناسورها؛ در انتهای این دوره از بین رفتند (۱۹۸۰). پستانداران و پرندگان اولیه.
	ژوراسیک	۲۱۳ میلیون سال ق.	برگرفته از کوهستان‌های ژورا در سویس، که در آنجا برای نخستین بار صخره‌ها و سنگ‌های این دوره مطالعه شد.	خزندگان اولیه‌ی شناگر و پروازکننده. نخستین گیاهان گلدار
	تریاس	۲۴۸ میلیون سال ق.	از تقسیم‌بندی سه‌گانه سنگ‌های این دوره در آلمان	آغاز عصر خزندگان («دایناسورها»). گسیختن ابرقاره‌ی پانجه‌آ (۱۹۹۲) آغاز شد.
پالئوزوئیک (دیرینه زیستی)	پرمین	۲۸۶ میلیون سال ق.	برگرفته از ناحیه‌ی پرم در روسیه، که در آنجا سنگ‌های این دوره برای نخستین بار مطالعه شد.	دوران پالئوزوئیک با بزرگ‌ترین «انقراض جمعی» (۱۸۶۰) پایان یافت.
	کربونیفر	۳۶۰ میلیون سال ق.	بعد از تشکیل بسترهای ذغال سنگ عمده در این دوره	اَبرقاره‌ی پانجه‌آ با برخورد قاره‌ها تشکیل می‌شود. خزندگان اولیه ظاهر می‌شوند. جنگل‌های مردابی عظیم بعداً به بسترهای ذغال سنگ تبدیل می‌شوند.

جدول زمانی طول عمرها				
دوران	**دوره**	**زمان آغاز**	**علت نام‌گذاری**	**اتفاقی که افتاد**
	دوئین	۴۱۰ میلیون سال ق.	برگرفته از دِوُن شایر، که سنگ‌های این دوره نخستین بار در آنجا مطالعه شدند.	تنوع عمده‌ی ماهیان، حشرات و عنکبوت‌ها در خشکی تشکیل می‌شود. نخستین گیاهان دانه‌دار رشد می‌کنند.
	سیلورین	۴۴۰ میلیون سال ق.	برگرفته از سیلورس، یک قبیله‌ی سلتی باستانی	ابتدایی‌ترین ماهیان ظاهر می‌شوند. آغاز استقرار حیات در خشکی. نخستین گیاهان ساقه‌دار ظاهر می‌شوند.
	اردوویسین	۵۰۵ میلیون سال ق.	برگرفته از اردوویسز، یک قبیله‌ی سلتی باستانی	تکامل سریع بی‌مهرگان. لایه‌ی اوزون امروزی تشکیل می‌شود، که از نفوذ نور زیانبار فرابنفش جلوگیری می‌کند.
	کامبرین	۵۴۴ میلیون سال ق.	برگرفته از نام لاتینی وِیلز، که سنگ‌ها و صخره‌های آن دوره نخستین بار در آنجا مطالعه شد.	نخستین حیات پیچیده (چند یاخته‌ای) به تدریج شکل می‌گیرد (اسفنج‌ها، عروس دریایی).

این جدول، با تاریخ‌هایی که از طریق مطالعه‌ی پرتوزایی در سنگ‌ها تثبیت شده، فقط ۵٤۰ میلیون سال از پیشنه‌ی کره‌ی زمین را در بر می‌گیرد. در زمان‌های پیش‌کامبرین، حیات تقریباً به تمامی به موجودات تک‌یاخته‌ای محدود می‌شد که در دریاها می‌زیستند.

مطالعات جدید با بهره‌گیری از پرتوزایی حاکی از آن‌اند که پوسته‌ی زمین نخستین بار بیش از چهار میلیارد سال پیش سخت شد. نخستین موجودات زنده کوتاه‌مدتی بعد ظاهر شدند (**۱۹۹۳**).

فردریک بانتینگ و چارلز بِست: در جستجوی انسولین

۱۹۲۲ فردریک بانتینگ، پزشک کانادایی مدت‌ها به درمان کودکان مشغول بود، از جمله کودکانی که به مرض قند مبتلا بودند. این وضعیت بسیار آزاردهنده‌ای است، بخصوص برای کودکان: آن‌ها نمی‌توانند میزان قند خوراک خود را کنترل کنند. میزان قند خون آن‌ها به نحو پر دامنه‌ای نوسان می‌کند، و بسیاری از اعمال جسمانی آن‌ها، از جمله رگ‌ها، کلیه‌ها و چشمان را تحت تأثیر قرار می‌دهد: این نارسایی‌ها می‌تواند به بیماری جدی یا مرگ بینجامد.

بانتینگ می‌دانست که غده‌ای به نام لوزالمعده (پانکراس) تا اندازه‌ای در این ماجرا درگیر است. وی مانند کسان دیگر گمان می‌کرد که این غده ماده‌ای شیمیایی تولید می‌کند که می‌تواند میزان قند را کنترل کند. هر چند که این ماده‌ی شیمیایی را هرگز ندیده بودند، اما آن را «انسولین» می‌نامیدند؛ ناحیه‌ی پانکراس که گمان می‌رفت این غده در آنجا واقع باشد «جزایر لانگرهاوس» نامیده می‌شد، که به نام کالبدشکاف آلمانی نامیده شده بود که برای نخستین بار آن را یافته بود. از قرار معلوم مبتلایان به بیماری قند انسولین کافی نمی‌سازند. ظاهراً خوراندن عصاره‌ی لوزالمعده‌ای که از خوک گرفته می‌شد، کمکی به آن‌ها نمی‌کرد. لوزالمعده دو کار انجام می‌دهد: آنزیمی را هم به نام تریپسن ترشح می‌کند که به گوارش پروتئین‌ها کمک می‌کند (**۱۸۵۱ برنارد**). از قرار معلوم در این بیماران، در ساختن شیره‌ی لوزالمعده برای رساندن به پروتئین‌ها، شیره‌های گوارشی انسولین را تخریب می‌کنند.

ایده‌ی بانتینگ این بود که مجرای انتقال تریپسن به داخل روده را مسدود کند. این عمل سبب خواهد شد یاخته‌های تریپسن‌ساز از بین بروند اما یاخته‌های انسولین‌ساز را دست‌نخورده و سالم بر جای گذارند. پس از مدتی، انسولین می‌تواند بدون هراس از تجزیه و خراب شدن ترشح شود. در سال ۱۹۲۲، بانتینگ که داشت با چارلز بِست، یکی از دانشجویانش، کار می‌کرد این آزمایش را در مورد خوک‌ها انجام داد، در حالی که انسولینی ترشح می‌کرد که، وقتی تزریق شد، در کنترل بیماری قند مؤثر از کار درآمد. وی زندگی بسیاری افراد را نجات داد و به ازای آن یک سال بعد جایزه‌ی نوبل پزشکی را دریافت کرد.

انسولین یکی از حدود ۵۰ هورمون در بدن آدمی است. نام این هورمون از واژه‌ای یونانی به معنای «تحریک می‌کنم» برگرفته شده، زیرا این مواد شیمیایی اساساً «هر چیزی را برمی‌انگیزند». می‌توانند فشار خون را بالا ببرند و آهنگ زنش قلب را افزایش دهند (آدرنالین)، سبب وضع حمل شوند (اکسی‌توسین)، میل جنسی را برانگیزند

(تسترسترون) و سبب واکنش‌های حساسیت‌زا شوند (هیستامین). انسولین و برخی هورمون‌های مرتبط ذخیره‌سازی قند (گلوکز) را در کبد کنترل می‌کند. دوپامین و ملاتونین بر کارکرد مغز اثر می‌گذارند. سامانه‌ی هورمونی انسان پیچیده و درهم بافته است. شناخت آن از زمانی که نخستین هورمون (آدرنالین) در دهه‌ی ۱۸۹۰ شناسایی شد، به شدت ارتقا یافته است.

ویلهلم بیئرکنس: نبرد بادها

۱۹۲۲

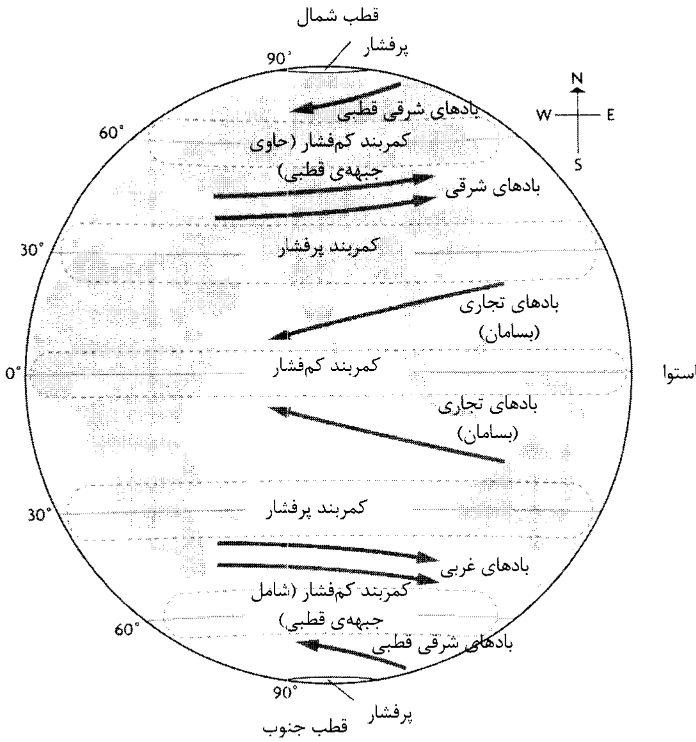
اختراع تلگراف برقی در حدود ۱۸٤۰ مطالعه‌ی وضع آب و هوا را دگرگون کرده است. برای نخستین بار توانستند «نقشه‌های همدید»[1] را ترسیم کنند، که «همدیدی» وضع آب و هوا را در ناحیه‌ی گسترده‌ای به طور همزمان فراهم می‌آورد. جوزف هنری آمریکایی (**۱۸۳۱**) یکی از نخستین کسانی بوده است که چنین نقشه‌ای را ترسیم کرد.

این نقشه‌ها اساساً توزیع فشار هوا را، با نواحی کوچک و شدید کم‌فشار (چرخندها) و نواحی گسترده‌تر پرفشار (واچرخندها) نشان می‌دادند. اکثر مردم و صنایع در اروپا و آمریکای شمالی به ناوه‌ی کم‌فشاری بین یک پرفشار نزدیک بر فراز نواحی قطبی و پرفشار دیگری در دوردست‌های جنوب قرار گرفته‌اند. این ناوه مسیری است برای جریان یکنواخت و مداومی از چرخندهایی که راه خود را از غرب باز می‌کنند، تغییرات عمده‌ی آب و هوایی را به بار می‌آورند، و گاهی هم بخصوص در زمستان موجب وزش بادها و توفان‌های ویرانگر می‌شوند.

پیش‌بینی بهتر وضع هوای اروپا و آمریکای شمالی آشکارا مستلزم فهم چگونگی تشکیل این چرخندهای عرض‌های میانه، و چگونگی رشد و حرکت آن‌هاست. ایده‌های مهم و نو کوتاه‌زمانی پس از پایان جنگ اول جهانی از نروژ فراهم آمد. ویلهلم بیئرکنس، فیزیکدان و هواشناس، و پسرش یاکوب قسمتی از زمان جنگ را به برپایی شبکه‌ای از ایستگاه‌های دیده‌بانی در پهنه‌ی نروژ سپری کردند. اطلاعات آب و هوا همواره پراکنده بوده، و نیازمند نظریه‌ای در مورد چرخندهای عرض‌های میانی بود تا شکاف‌ها را پر کند.

تا سال ۱۹۲۲ بیئرکنس آماده‌ی انتشار آرای خود شده بود. وی استدلال کرد که چرخندها از برخورد بین دو جریان باد بزرگ‌مقیاس ناشی می‌شوند: بادهای شرقی-

1. Synoptic charts



بادها در پهنه‌ی سطح زمین از مکان‌هایی کم‌فشار نسبت به فشار میانگین بیشتر است (بر فراز قطب‌ها و نواحی پیرامون ۳۰ درجه‌ی عرض شمالی و جنوبی) به مکان‌هایی می‌وزند که در آنجا فشار از میزان میانگین کم‌تر است (در امتداد استوا و نواحی حدود ۶۰ درجه‌ی عرض شمالی و جنوبی).

*چون زمین حول محورش می‌چرخد (**۱۸۳۵ کوریولیس**)، بادها مستقیماً از شمال یا جنوب نمی‌وزند. بادها به سوی استوا می‌وزند (بادهای تجارتی یا بسامان و بادهای شرقی قطبی) و ظاهراً به طور عمده از شرق می‌آیند؛ بادهایی که از استوا به سوی قطب‌ها می‌وزند به بادهای غربی تبدیل می‌شوند (مانند «عرض‌های توفانی» که عرض‌هایی‌اند بین ۳۰ و ۴۰ در اقیانوس اطلس).*

در جایی که بادهای غربی و بادهای شرقی قطبی در حدود عرض ۶۰ درجه‌ی شمالی و جنوبی با هم برخورد می‌کنند، جبهه‌ی قطبی با یاخته‌های پرشمار متحرک کم‌فشارش (چرخندها) تشکیل می‌شوند که بر آب و هوای اروپا و آمریکای شمالی تأثیر می‌گذارند.

شمالی که سرما و هوای خشکی را از سامانه‌ی پرفشار می‌آورند. این بادها در امتداد منطقه‌ی باریکی گرد هم می‌آیند که بیئرکنس آن را «جبهه‌ی قطبی» نامید که به طور میانگین روی حدود ۶۰ درجه‌ی شمال استوا واقع است. وی این اصطلاح را سنجیده و حساب‌شده برگزید؛ وقتی سرانجام جنگ جهانی اول با آن همه مصیبت‌اش تمام شد، تحت تأثیر آن، تصویر مبارزه و نبرد بین نیروهای رقیب و متخاصم تصویری مناسب به نظر می‌رسید. همچنان‌که بادهای مخالف یکدیگر می‌خواهند از مقابل یکدیگر بگذرند، چرخش زمین به ایجاد جریان‌های پیچکی، با چرخش پادساعتگرد، کمک می‌کند؛ این‌ها چرخندهای عرض‌های میانه‌اند که در آن عرض‌ها چنین بر آب و هوا تأثیر می‌گذارند.

این تصویر نموداری از پشتوانه‌ی علمی مناسب و ریاضیاتی عمیقی برخوردار بود، و امروزه به عنوان بیناد و شالوده‌ی پیش‌بینی هوا در این مناطق به خوبی پذیرفته شده است. اجزای جبهه‌های عمده ــ جبهه‌های سردی که هوای خشک جنوب را می‌آورند، و جبهه‌های گرم که هوای مرطوب شمال را هدایت می‌کنند ــ در چرخندها جای می‌گیرند. بنا بر یک داستان، نمادهای معمول این جبهه‌ها، نوک پیکان برای جبهه‌های سرد و نیم‌دایره برای جبهه‌های گرم، بر شکل کلاه‌خودهای آلمانی و انگلیسی استوارند که در سنگرهای جنگ اول جهانی مشاهده می‌شدند.

بیئرکنس و پسرش، میراث ژرف دیگری هم بر جای نهادند. آن‌ها نخستین کسانی بودند که تلاش کردند وضع آب و هوا را در قالب‌های ریاضی بیان کنند، و معادلاتی برای بیان برهم‌کنش‌های بین عوامل مهم و کلیدی همچون فشار، دما، جریان یا شارش ماده و انرژی، و رطوبت تشکیل دادند و نوشتند. پیش‌بینی وضع هوا مستلزم حل این معادلات بود، که تعداد آن‌ها در یک زمان به چندین فقره سر می‌زد. حل این معادلات کار سخت و کندی بود تا این‌که کامپیوتر پای بر عرصه نهاد، اما آن فرایند کماکان شالوده‌ی تمامی پیش‌بینی‌های امروزی وضع آب و هوا را تشکیل می‌دهد.

ادوین هابل: کهکشان‌هایی فراتر از کهکشان ما

۱۹۲۴ تلسکوپ فضایی هابل، که در دهه‌ی ۱۹۹۰ به مدار زمین پرتاب شد، از طریق تصویرهای حیرت‌انگیز و فوق‌العاده‌اش دید و نظر ما را هم نسبت به کیهان دور و هم نزدیک دگرگون کرده است. این تلسکوپ به نام ستاره‌شناس آمریکایی، ادوین هابل، نامیده شده است، که ایده‌ها و یافته‌هایش در زمانه‌ی خود تأثیر

پر دامنه‌ای بر جای نهاده است. وی معمای سحابی‌ها (ابری‌ها) را برای همیشه حل کرد و فهم و درک بهتر (و متواضعانه‌تری) را از مکان سیاره و خورشیدمان در نظم با عظمت طبیعت به ما بخشیده است.

هابل به تلسکوپ ۲/۵ متری جدید واقع‌در مونت‌ویلسون (کوهستان ویلسون) در کالیفرنیا دسترسی داشت؛ این تلسکوپ قوی‌ترین تلسکوپ جهان بود. هارلو شپلی (**۱۹۱۸**)، همکار وی، با بهره‌گیری از این تلسکوپ اندازه و شکل منظومه‌ی ستاره‌ای ما، یعنی کهکشان راه شیری، را با میلیاردها ستاره‌اش، از طریق پایش رده‌ی خاصی از ستارگان به نام متغیرهای قیفاووسی (**۱۹۱۲ لویت**)، تعیین کرد و اندازه گرفت.

هابل در سال ۱۹۲٤ به جستجوی ستارگان مشابهی در میان مقداری نور لک‌لکی به نام سحابی اقدام کرد. شواهد به نحوی گریزناپذیر حاکی از آن بودند که دست‌کم برخی سحابی‌ها در میان ستارگان نیستند، آن‌گونه که مثلاً ویلیام هرشل اعتقاد داشت (**۱۷۸۹**)، بلکه بسیار فراتر از آن‌هایند. مثلاً، ستارگان جدید («نواخترها»، که بعداً «اَبَر نواختر» نام گرفتند) در برخی سحابی‌ها ظاهر شده بودند، و می‌درخشیدند و بی‌نور می‌شدند مانند همان‌ها که به وسیله‌ی تیکو براهه در ۱۵۷۲ و یوهان کپلر در ١٦٠٤ در دسترس و نزدیک دیده شده بودند. اما اَبَر نواخترها در سحابی‌ها کم‌سو بودند، که به معنای فاصله‌ی بسیار دورشان بود. به لطف کارهای وستو اسلایفر (**۱۹۱۲**)، می‌دانیم که برخی سحابی‌ها با سرعتی متجاوز از ۱۰۰۰ کیلومتر بر ثانیه، بسی سریع‌تر از هر ستاره‌ای، دارند از ما دور می‌شوند.

هابل به هر مباحثه‌ای پایان داد. وی درخشندگی ظاهری متغیرهای قیفاووسی را با زمانی مقایسه کرد که آن‌ها چرخه‌ی تغییرشان را طی می‌کردند (که معیاری از درخشندگی واقعی‌شان بود). تصاویر نشان می‌داد که سحابی‌هایی که میزبان آن قیفاووسی‌هایند باید صدها هزار سال نوری دور باشند، دست‌کم ده برابر فاصله‌ی هر ستاره‌ای در کهکشان ما.

نتیجه واضح بود. بسیاری از سحابی‌ها صورت‌های فلکی بسیار عظیم و گسترده، و مستقل ستارگان، خواهر- برادر کهکشان خودمان، هستند که هر کدام شامل چندین میلیارد ستاره‌اند. آن‌ها «عالَم‌های جزیره‌ای»اند که ایمانوئل کانت، فیلسوف آلمانی، ۲۰۰ سال قبل آن را پیش‌بینی کرده بود (**۱۷۵۰**). این سحابی‌ها که تا آنجا که تلسکوپ‌های ما می‌توانند ببینند، در فضا خال‌خالی‌اند از همدیگر و از ما به وسیله‌ی خلیج‌های فضای تهی جدا شده‌اند. اگر هر کهکشانی را به اندازه‌ی یک چرخ دوچرخه تصور کنیم، نزدیک‌ترین کهکشان به کهکشان ما به فاصله‌ی ۳۰ متری قرار دارد. **◀◀ ۱۹۲۹**

لویی دوبروی/ دوبروگلی: ذره موج است

۱۹۲۴ حضور عضو خانواده‌ی سلطنتی در عرصه‌ی علم نادر بوده است. لویی دوبروی فرانسوی شاهزاده بود، هر چند که حالا دیگر کشورش جمهوری شده بود. وی بسیار باهوش و زیرک هم بود، و ایده‌ی نو و شگفت‌انگیزی را در قالب پایان‌نامه‌ی دکترایش در ٢٤ سالگی ارائه داد. در حوزه‌ی علم فیزیک آن روز ایده‌های انقلابی اتفاقی معمول بودند، اما امتحان‌کنندگانش چندان بهت‌زده شدند که از آلبرت اینشتین برای اظهار نظر یاری جستند. اینشتین با تمام وجود با طرح و پیشنهاد این جوان موافقت و همدلی کرد و وی دکترای خود را دریافت داشت.

گوهر نظریه‌ی دوبروی جدایی سنتی و متعارف بین امواج و ذرات را از میان برداشت. اینشتین از قبل همین فرایند را آغاز کرده بود: در سال ۱۹۰۵ نشان داده بود که نور، که از دیرباز موجی تصور می‌شد، می‌تواند ذره‌ای هم تلقی شود، که وی آن ذرات را «کوانتوم‌های نور» نامید. دوبروی که به شدت از کارهای اینشتین تأثیر پذیرفته بود، مسیر معکوسی را پیمود. او گفت که ذراتی چون الکترون را می‌توان به مثابه موج تصور و تلقی کرد. وی حتی برای طول موج «موج وابسته»، موجی که او تصور کرد همراه موجی است که در فضا حرکت می‌کند، فرمولی تدوین کرد.

بر خلاف نگرش اینشتین، به نظر بسیاری از فیزیکدانان کل این موضوع هولناک، تکان‌دهنده و غیر قابل پذیرش بود. ذرات، ذرات‌اند و امواج هم امواج؛ تا بوده چنین بوده. اما دوبروی پس از کوتاه زمانی حمایت قدرتمندی یافت. یکی این‌که توانست توضیحی دیگر و کم‌تر دلخواه برای «مدارهای مجاز» بسیار مهمی ارائه دهد که نیلس بور برای الکترون‌هایی تجسم کرده بود که در مدارهایی اتم را دور می‌زنند (**۱۹۱۳**)، که هم طیف‌های خطی گازها را و هم جدول تناوبی عناصر را توضیح می‌داد. دوبروی نشان داد که محیط یکی از این مدارهای مجاز دقیقاً ضریب صحیحی از درازی طول موج‌های الکترون، درست جای کافی برای یک «موج ایستاده‌ی» الکترون است. طول موج‌های الکترون او به طور طبیعی از فرمول‌هایی پیروی می‌کردند که قبلاً ماکس پلانک (**۱۹۰۰**) و اینشتین (**۱۹۰۷**) برقرار و تدوین کرده بودند. همه چیز با هم جور و سازگار بودند.

چشم‌گیرتر از همه این‌که، الکترون‌ها به زودی نشان دادند که کاری را که امواج می‌کنند، انجام می‌دهند، و مثلاً مانند نور در یک توری پراشیده می‌شوند. الکترون‌ها را به داخل بلورها گسیل کردند، که این بلورها دارای آرایش منظم اتم‌ها بودند. وقتی

الکترون‌ها دوباره از بلورها بیرون آمدند، دایره‌های روشن و تاریک منظمی روی شیشه‌ی عکاسی تشکیل دادند، درست مانند «فریزهایی» که توماس یانگ با نور (۱۸۰۱) و هاینریش هرتز با امواج رادیویی (۱۸۸۸) مشاهده کرده بودند. در واقع شاهد توانمند واقعیت دوگانگی موج ـ ذره‌ی دوبروی در همین‌جا بود، این ایده که امواج و ذرات دو شیوه‌ی نگریستن به رویدادهای یکسانی‌اند.

از قضای روزگار، در میان فیزیکدانانی که اثبات کردند الکترون‌ها می‌توانند موج باشند، یکی هم جورج تامسون فیزیکدان انگلیسی بود. در سال **۱۸۹۷** پدرش، جی جی تامسون، برای نخستین بار اثبات کرده بود که الکترون‌ها («پرتوهای کاتدی») ذره‌اند، نه موج. جورج توماس و کلارک دیویسون، همکار آمریکایی‌اش، جایزه‌ی نوبل فیزیک سال ۱۹۳۷ را به خاطر کارهایشان بردند. دوبروی در سال ۱۹۲۹ این جایزه را کسب کرد، در حالی که فقط سی سال داشت، و تا آن موقع جوان‌ترین برنده‌ی جایزه‌ی نوبل به‌شمار می‌آمد که به تنهایی این جایزه را دریافت داشته است.

مفاهیم ظاهراً ناسازگار هر کدام می‌توانند در حکم جنبه‌ای از حقیقت جلوه کنند. این‌ها به نوبه‌ی خود ممکن است در خدمت بازنمایی کردن حقایق باشند بدون این‌که هرگز به تعارض مستقیمی وارد شوند.

لویی دوبروی

ولفگانگ پائولی: فقط یک الکترونِ مُجاز

۱۹۲۵

نظریه‌ای که فیزیکدان خلاق دانمارکی، نیلس بور، جسورانه پیش کشیده بود تا الگوی خطوط طیفی مشاهده شده در نور گازهای داغ را توضیح دهد (**۱۹۱۳**) تا نقطه‌ی معینی کامیابی بزرگی به‌شمار می‌آمد. این نظریه طیف هیدروژن را بسیار خوب و هلیم را به اندازه‌ی کافی توضیح می‌داد اما برای توضیح مواضع دقیق خطوط طیفی مربوط به عناصر پیچیده‌تر با مشکل برخورد کرد.

افزون بر این، یک مشکل جدید پیش آمد. هر اتم یک «حالت پایه» داشت، پایین‌ترین تراز انرژی که یک الکترون می‌توانست اشغال کند، و نزدیک‌ترین تراز به هسته. چرا همه‌ی الکترون‌ها به سادگی انرژی‌شان را از دست نمی‌دادند و به حالت پایه سقوط نمی‌کردند؟ مدارهای الکترون خارجی قسمت اعظم فضای یک اتم را اشغال می‌کردند.

(آن‌طور که هانس گایگر، ارنست مارسدن و ارنست رادرفورد در سال **۱۹۰۹** نشان داده بودند، هسته‌ی یک اتم تقریباً تا حد نزدیک به نیستی کوچک است.) به این ترتیب، وجود هر الکترون در حالت پایه اتم‌ها را در وضعیت رمبش قرار می‌دهد و سازماندهی ماده را از بین می‌برد و نابود می‌کند. البته این اتفاق پیش نیامد. اما چرا پیش نیامد؟

پاسخی به این پرسش را در سال ۱۹۲۵ ولفگانگ پائولی، فیزیکدان آلمانی داد. پائولی متفکری تابناک اما آزمایشگری ناشی و دست و پا چلفتی بود، حتی ناشی‌تر از اکثر نظریه‌پردازان. وی چندان بی‌دست و پا بود که مشهور بود وسیله‌ها و تجهیزات پراکنده در اتاق، دیگر اجازه‌ی کار را از او سلب می‌کردند. همین امر باعث شد که به این وضعیت در زبان و محاورات عامه‌ی مردم *اثر پائولی* بگویند.

توضیح پائولی به این معما ساده اما عمیق بود. تمام الکترون‌ها نمی‌توانند به حالت پایه بروند زیرا در آنجا فقط برای دو الکترون جای کافی وجود دارد. به بیان کلی‌تر، فقط دو الکترون می‌توانند مجموعه‌ی سه عدد کوانتومی (**۱۹۱۳**) یکسانی داشته باشند. این قاعده عبارت است از *اصل طرد پائولی*. وی علت این امر را نتوانست بیان کند. حتی مطمئن نبود که آیا «مدارهای» الکترونی واقعاً وجود دارند یا فقط تصویر و تصوری مفیدند: اهمیتی ندارد. به یُمن اصل طرد پائولی، جهان پیرامون ما در یک حالت مداوم رمبیدن نیست. به یمن همین اصل، پائولی جایزه‌ی نوبل سال ۱۹٤٥ را دریافت کرد. **۱۹۳۲ ◄◄**

هرمان مولر: سبب جهش ژنتیکی چیست؟

۱۹۲۶

توماس هانت مورگان، زیست‌شناس آمریکایی (**۱۹۱۱**)، چند دهه پشه‌های میوه را مطالعه کرد و از این طریق معلومات و معرفت ما را درباره‌ی وراثت به نحو پر دامنه‌ای افزود. اما او میلیون‌ها از این پشه‌ها را بدون هدف پرورش نداد. وی مانند هر پژوهشگر برجسته‌ای در قرن بیستم، تعداد زیادی دانشجو، ملقب به «اسکادران پرواز» داشت، که بسیاری از آن‌ها خودشان به پژوهشگران مهمی تبدیل شدند.

هرمان مولر از جمله‌ی این پژوهشگران بود. وی در سال ۱۹۱۲ در ایالات متحده‌ی آمریکا در دانشگاه کلمبیا به این گروه ملحق شد، و این کوتاه زمانی بعد از آن بود که نخستین پشه‌های میوه‌ی سفیدچشم ناگهان، ظاهراً از هیچ‌جا، در میان گروه‌های پشه‌های سرخ‌چشم پدیدار شدند. هوگو دِوریس، زیست‌شناس هلندی (**۱۹۰۱**)، به این تغییرات ناگهانی «جهش ژنتیکی» لقب داده بود. مولر در خصوص علت این اتفاق‌ها، و این‌که آیا می‌توان این اتفاق‌ها را ممکن کرد، به تأمل پرداخت.

در دهه‌ی بعد، مولر برای یافتن علت این تغییرات، در محیط به جستجو پرداخت. به نظر می‌رسید دما عامل مهمی است: اگر محیط این پشه‌ها گرم می‌شد، جهش‌های بیشتری اتفاق می‌افتاد. اما با بهره‌گیری از پرتوهای ایکس پیشرفت و کامیابی‌های تازه رخ نمود. مولر پنداشت که این‌ها باید انفجاری از انرژی، آنقدر بزرگ که مواد شیمیایی پیچیده‌ای را تجزیه کند، به وجود آورند، و معتقد بود این مواد شیمیایی ژن‌های حامل اطلاعات حیاتی درباره‌ی وراثت را می‌سازند. وی در جستجوی یک «سانحه‌ی اَبَرمیکروسکوپی» بود.

این رویکرد قطعاً کارآمد بود: ۳۰ دقیقه تابش پرتوهای ایکس سبب جهش ژنتیکی یکصد برابری نسبت به آن چیزی شد که معمولاً در ظرف یک هفته ظاهر می‌شد. جفتگیری پشه‌های تحت تأثیر تابش با آن‌ها که از این تابش دور بودند تمام انواع تغییرات مرئی را در اولاد آن‌ها به بار آورد: بال‌ها می‌توانستند پهن یا ناهموار یاخمیده باشند، چشم‌ها می‌توانستند بنفش یا زرد، برآمده، تخت یا دندانه‌دار باشند. برخی از این پشه‌ها عقیم شدند، بسیاری از آن‌ها چندان آسیب دیدند که مردند (جهش ژنتیکی برای آن‌ها مهلک بود). هرچه مدت قرارگیری در معرض تابش طولانی‌تر یا شدت تابش بیشتر بود، جهش ژنتیکی پر دامنه‌تری اتفاق می‌افتاد.

مولر در نتیجه‌ی این تحقیقات بعداً به صراحت درباره‌ی خطر افزایش مقدار تابش که انسان‌ها در معرض آن قرار داشتند، مثلاً ناشی از افزایش کاربرد نیروی هسته‌ای یا آزمایش جنگ‌افزارهای اتمی، سخن می‌گفت و هشدار می‌داد. مولر در سال ۱۹٤٦ جایزه‌ی نوبل پزشکی را دریافت کرد، درست در زمانی که عصر اتمی داشت طلوع می‌کرد.

آنچه را که مولر آغاز کرده بود سایر پژوهشگران ادامه دادند. اکنون می‌دانیم که بسیاری عوامل در محیط، افزون بر پرتوهای ایکس، سبب جهش ژنتیکی می‌شوند: سایر انواع تابش، از جمله نور فرابنفش و پرتوزایی، و شکل‌های بسیار گوناگون مواد شیمیایی. جهش‌ها به طور خودبه‌خودی هم رخ می‌نمایند. در جایی که به نظر مولر موتاسیون‌های بسیار اندکی برای حرکت تکاملی مفیدند، و اکثر آن‌ها زیانبارند، اکنون به نظر می‌رسد اکثر جهش‌های ژنتیکی «خاموش»اند، و اصلاً تفاوتی ایجاد نمی‌کنند.

نیلس بور: توضیح جدول تناوبی عناصر

۱۹۲۶ رده‌بندی عناصر شناخته شده به صورت ردیف‌ها (تناوب‌ها) و ستون‌ها (گروه‌ها)ی دیمتری مندلیف در قالب جدول تناوبی‌اش (۱۸٦۹) یکی از پیروزی‌های علم شیمی در قرن نوزدهم به‌شمار می‌آید. هر عنصر شناخته‌شده‌ای جای

مخصوص خود را داشت: شکاف‌ها و جاهای خالی اولیه بعداً و با عناصر نویافته پر شدند. الگوها و روندهای خواص شیمیایی و فیزیکی همگی بازنمایی شدند. اما چرا این جدول کارآمد بود؟ آیا ساختار جدول نظمی پنهان در درون اتم‌های عناصر گوناگون را منعکس می‌کرد؟

نیلس بور، نابغه‌ی دانمارکی، چنین می‌اندیشید. اشتیاق و تمایل به توضیح جدول تناوبی علت عمده‌ای بود که او روایت خودش از آرایش الکترون‌ها در یک اتم در سال ۱۹۱۳ را ارائه داد، گرچه این روایت کار دیگری را نیز، همچون ارائه‌ی دلیل برای طیف‌های عناصر گوناگون انجام داد. وی مجموعه‌ای از اعداد کوانتومی را برای نمایاندن مواضع مختلف یا «ترازهای انرژی» ساماندهی کرد که الکترون در حالی که دور یک اتم می‌گردد، می‌تواند آن را اشغال کند.

دلیل کارآمد بودن جدول تناوبی عناصر

تناوب اول		**تناوب دوم**			**تناوب سوم**			
عنصر	**n = ۱**	**عنصر**	**n = ۱**	**n = ۲**	**عنصر**	**n = ۱**	**n = ۲**	**n = ۳**
۱ هیدروژن	۱	۳ لیتیم	۲	۱	۱۱ سدیم	۲	۸	۱
۲ هلیم	۲	۴ بریلیم	۲	۲	۱۲ منیزیم	۲	۸	۲
		۵ بور		۳	۱۳ آلومینیم	۲	۸	۳
		۶ کربن		۴	۱۴ سیلیسیم	۲	۸	۴
		۷ نیتروژن		۵	۱۵ فسفر	۲	۸	۵
		۸ اکسیژن		۶	۱۶ گوگرد	۲	۸	۶
		۹ فلوئور		۷	۱۷ کلر	۲	۸	۷
		۱۰ نئون		۸	۱۸ آرگون	۲	۸	۸

نیلس بور، فیزیکدان دانمارکی، ساختار جدول تناوبی عناصر را با این استدلال توضیح داد که الکترون‌ها در هر اتم فضاهای خالی در «لایه‌های» گوناگون پیرامون هسته‌اش را پر می‌کنند، که از پایین‌ترین لایه ($n = ۱$) آغاز می‌شود. بیرونی‌ترین لایه‌ی آخرین عنصر در یک تناوب پر است یا حامل تعداد «مرجع» الکترون‌ها، مثلاً هشت، است. قانون بور نشان داد که لایه‌ی $n = ۱$ فقط می‌تواند دو الکترون را نگه دارد. بنابراین، نخستین تناوب فقط دو الکترون دارد. لایه‌ی $n = ۲$ می‌تواند هشت الکترون نگه دارد، از این رو تناوب دوم دارای هشت عنصر است. لایه‌ی $n = ۳$ می‌تواند ۱۸ الکترون نگه دارد؛ پر شدن هشت مکان اولی هشت عنصر تناوب سوم را پدید می‌آورد. الگوی پایه‌ای مشابه در مورد عناصر سنگین‌تر و لایه‌های با

عدد هشت صدق می‌کند، اما نظم واقعی پر شدن لایه‌ها پیچیده‌تر می‌شود.

ولفگانگ پائولی، فیزیکدان آلمانی، و اصل طردش، در ۱۹۲۵ مقرر کرده بود که هیچ تراز انرژی نمی‌تواند بیشتر از دو الکترون را نگه دارد. عدد کوانتومی اصلی بور، n، گروهی از ترازهای انرژی به نام پوسته را مشخص کرد. اما پوسته‌ها می‌توانستند تعداد مختلفی تراز دلیل کارآمد بودن جدول تناوبی عناصر انرژی داشته باشند، که هر کدام اندک اختلافی داشت. بنا بر قوانین کوانتومی بور، پایین‌ترین پوسته (n = ۱) فقط یک تراز انرژی داشت و از این رو فقط می‌توانست دو الکترون در خود جای دهد. در پوسته‌ی بعدی (n = ۲) تعداد ترازهای انرژی چهار است. از این رو هشت الکترون می‌توانند در آن جای گیرند؛ پوسته‌ی n = ۳ دارای ۱۸ الکترون است، و الی آخر.

بور در اینجا به دو بینش تأثیرگذار و مهم دست یافت. اولی به اندازه‌ی کافی آشکار و واضح بود. در شرایط متعارف، ترازهای انرژی با الکترون‌ها پر می‌شوند که از پایین‌ترین پوسته (ته) آغاز می‌شود. پس، در مورد اکسیژن با هشت الکترون، پوسته‌ی n = ۱ باید پر باشد، و برای پوسته‌ی n = ۲ شش الکترون می‌ماند. در مورد گوگرد با ١٦ الکترون، پوسته‌های n = ۱ و n = ۲ پُر هستند، و برای پوسته‌ی n = ۳ شش الکترون می‌ماند.

بینش دوم از این قرار بود که خواص شیمیایی یک عنصر، بخصوص «قدرت یا میل ترکیبی» یا والانس (**۱۸۵۲**)، به تعداد الکترون‌های بیرونی‌ترین پوسته وابسته است. اگر در این پوسته فقط یک الکترون باشد، آن عنصر یکی از فلزات قلیایی است، با والانس (ظرفیت) یک، مانند لیتیم، سدیم، یا پتاسیم. اگر تعداد الکترون‌های این پوسته فقط دو تا باشد، این عنصر فلز قلیایی خاکی، مانند منیزیم، کلسیم یا استرونسیم (با والانس یا ظرفیت ۲) است؛ اگر تعداد آن‌ها هفت باشد، آن عنصر یکی از هالوژن‌ها (کلر، برم، ید) است. اگر پوسته‌ی بیرونی، با دو یا هشت یا ۱۸ الکترون، پر باشد، عنصر یکی از گازهای نادر یا بی‌اثر (هلیم، نئون، آرگون) است. کربن و سیلیسیم، با چهار الکترون در پوسته‌ی بیرونی، دارای ظرفیت یا والانس ٤ هستند.

به این ترتیب توضیحی جامع و بنیانی برای روندهای تناوبی در رفتار عناصر فراهم آمد. این روندها صرفاً پر شدن پیشرونده‌ی ترازهای انرژی و پوسته‌های درون اتم را منعکس می‌کنند. تلاش و شور و شوق بور برای توضیح دادن جدول تناوبی قانع‌کننده بود. چند سالی بعد، لینوس پولینگ، شیمیدان آمریکایی، با بهره‌گیری از همین استدلال و برهان چگونگی پیوند اتم‌ها به یکدیگر و تشکیل مولکول‌ها را توضیح داد (۱۹۲۸). **۱۹۲۷ ◄◄**

ورنر هایزنبرگ: اصل عدم قطعیت

۱۹۲۶

اصل عدم قطعیت نوعی بازی صفرـ مجموع است. هرچه درباره‌ی چیزی بیشتر بدانید، درباره‌ی چیز دیگری کم‌تر می‌توانید بدانید. این ایده در سال ۱۹۲٦ در ذهن بارور ورنر هایزنبرگ، فیزیکدان آلمانی، یکی از یک دو جین ذهن تابناک دهه‌ی ۱۹۲۰ شکل گرفت: فیزیک کوانتومی تمامی فکر و ذکر این متفکران را به خود مشغول کرده بود. از این رو معمولاً به آن اصل عدم قطعیت هایزنبرگ می‌گویند، هر چند که او در این مورد کاملاً مطمئن بود.

هایزنبرگ می‌گفت اگر بخواهید سرعت چیزی فوق‌العاده کوچک، مثلاً یک الکترون، را با دقت بسیار زیاد اندازه بگیرید، مکان آن در فضا مبهم و نامشخص می‌شود. هرگاه مکان آن را بخواهید با هر دقتی که می‌توانید تعیین کنید، تعیین سرعت دقیق آن غیرقطعی خواهد بود. دیدگاهی از این موضوع از این قرار است که اگر سعی کنیم یکی از این‌ها، مثلاً موضع یا مکان، را اندازه بگیریم کل سیستم آشفته می‌شود و اندازه‌گیری دیگر غیرقطعی خواهد شد.

موضوع بنیادی‌تر این است که، ظاهراً عدم قطعیت به طور اجتناب‌ناپذیری از یکی از حقایق درباره‌ی «دنیای کوانتومی» ناشی می‌شود: همه چیز به صورت بسته‌هایی با اندازه‌ی معین است ــ انرژی، بار الکتریکی، جرم و مانند آن‌ها. برخی فیزیکدانان گمان می‌کنند که حتی فضا و زمان می‌توانند به نحوی نامتناهی تقسیم شوند، هر چند که اجزای ساختمانی آن‌ها در واقع بسیار کوچک باشند. یک چیز که بسته‌بندی قابل دسترس کوچکی دارد «کنش» است، که نخستین بار پی‌یر دوموپرتوئی در سال **۱۷٦٤** آن را توصیف کرد. کنش برابر است با تکانه یا اندازه حرکت ضرب در مسافت (در حالی که خود تکانه عبارت است از سرعت ضرب در جرم). به این ترتیب کوچک‌ترین واحد قابل اندازه‌گیری کنش به معنای کوچک‌ترین واحد قابل اندازه‌گیری مسافت ضرب در تکانه است.

> *از آنجا که وسیله‌ی اندازه‌گیری را خود مشاهده‌گر ساخته است، باید به یاد داشته باشیم که آنچه مشاهده می‌کنیم خود طبیعت نیست بلکه طبیعت در معرض روش کاوشگری ما قرار گرفته است.*
>
> ورنر هایزنبرگ

اصل عدم قطعیت هایزنبرگ

عدم قطعیت (Δp) در اندازه‌گیری تکانه‌ی (یا اندازه حرکت، یعنی حاصل ضرب سرعت در جرم) یک ذره و عدم قطعیت (Δx) در اندازه‌گیری مکان ذره چنان‌اند که p ضرب در x تقریباً برابر می‌شود با ثابت پلانک، h. رابطه‌ای مشابه برای عدم قطعیت در اندازه‌گیری انرژی، E، و زمان، t، نیز برقرار است: $h \approx \Delta t \times \Delta E$.

یکای ثابت پلانک دارای ابعاد انرژی ضرب در زمان است، که با ابعاد تکانه ضرب در فاصله، یعنی «کنش» یکسان است (**۱۷۴۶ موپرتوئی**).

این «عدم قطعیت» پیامدهای عجیب و غریبی دارد. مثلاً، دقیقاً نمی‌توانیم بدانیم یک پروتون یا الکترون کجاست. اگر گمان کنید یکی از آن‌ها را در نوعی جعبه دارید، احتمالی محدود وجود دارد که واقعاً در خارج از آن جعبه باشد، زیرا موضع و مکانش نامشخص و مبهم است. این مفهوم را «تونل‌زنی کوانتومی» می‌گویند.

کنش نیز برابر است با انرژی ضرب در زمان. بنابراین، اصل عدم قطعیت دقتی را که با آن می‌توانید به طورهمزمان هم انرژی و هم زمان را اندازه بگیرید، محدود می‌کند. اندازه‌گیری دقیق انرژی به دوره‌ی زمانی طولانی‌ای نیاز دارد. اگر فقط فرصت و زمان کوتاهی برای اندازه‌گیری در اختیار داشته باشید، برآورد و تخمین شما از انرژی مبهم و مغشوش خواهد بود.

این اصل یک پیامد جالب و خیره‌کننده دارد: «ذرات مَجازی». طول عمر این ذرات مدت زمانی بسیار کوتاه و زودگذر است، چندان کوتاه که خطا در اندازه‌گیری انرژی آن‌ها از خود انرژی بزرگ‌تر است. بنابراین نمی‌توانیم مطمئن باشیم که آیا این ذرات اصلاً وجود دارند یا خیر. تصویر امروزی از خلأ، که فیزیک قدیمی آن را فقط فضای تهی تلقی می‌کند، مملو و سرشار از ذرات مجازی است، که پیش از آن که قادر به اندازه‌گیری انرژی و تأیید وجودشان باشیم، به وجود آمده و از بین رفته‌اند.

البته، این رفتار شگفت فقط در میان اتم‌ها و «ذرات زیراتمی» یافت می‌شود. در سطح و اندازه‌ی طبیعت ما، با موش‌ها و و کوهستان‌ها و قمرها، با ابعاد غول‌آسا در قیاس با ثابت پلانک، همه چیز قابل پیش‌بینی و منظم و بسامان به نظر می‌آید.

نیلس/ نیلز بور: آیا دنیای کوانتومی واقعی است؟

۱۹۲۷

نیلس بور زمانی گفت: «اگر فیزیک کوانتومی عمیقاً شما را تکان ندهد، واقعاً آن را نفهمیده‌اید». هرچند که فهمش غالباً دشوار است، بور دانمارکی اصلاً آدم خام و ساده‌نگری نبود. وی مانند بسیاری از فیزیکدانان نسل خودش، درگیر ساختن بمب اتمی در جنگ جهانی دوم شد، و رهبری مخالفت با کاربرد نظامی اتم را به دست گرفت. با همه‌ی این‌ها بزرگ‌ترین میراث او نظریه‌ای بنیادی و ریشه‌نگر است که غالباً مخالف با عقل سلیم و تجربه‌ی روزمره به نظر می‌رسد.

فیزیک کوانتومی یکی از محصولات قرن بیستم است. این فیزیک را فیزیکدان آلمانی، ماکس پلانک، در سال **۱۹۰۰** به دنیا آورد، که استدلال کرد انرژی فقط به صورت مقادیر بسیار دقیق (و بسیار کوچک)، به نام «کوانتوم»، از مکانی به مکان دیگر منتقل می‌شود. چند سال بعد (**۱۹۰۵**)، هم‌وطنش، آلبرت اینشتین، این کوانتوم‌ها را با ذرات نور (که بعداً فوتون نامیده شدند) همراه کرد، و مفهوم قدیمی را مبنی بر این‌که نور را باید جریانی از ذرات، و نه یک رشته موج، دانست، زنده کرد. تمامی شواهد موجود ظاهراً با ایده‌ی اینشتین منطبق‌اند.

> *خلاف گزاره‌ی درست گزاره‌ی نادرست (کذب) است، اما خلاف یک حقیقت ژرف ممکن است حقیقت ژرف دیگری باشد.*
>
> نیلس بور

دو دهه بعد، لویی دوبروی فرانسوی (**۱۹۲٤**) اظهارداشت که باریکه‌ای از الکترون‌ها، که قبلاً ذره تلقی می‌شدند، می‌تواند به مثابه امواج هم دانسته شود. این یکی از سکوهای اولیه‌ی فیزیک کوانتومی ــ «دوگانگی موج ـ ذره» ــ به‌شمار می‌آمد. پرتوهای نور یا الکترون‌ها را به نحو مؤثر و سودمندی می‌توان، بسته به شرایط، ذره دانست یا موج. از فیزیک قرن نوزدهمی، که در آن ذرات، ذرات و امواج، امواج بودند، راه درازی پیموده شده بود.

از آنجا که نمی‌توانستیم قطعاً بگوییم این چیزها ذره‌اند یا موج، نمی‌توانستیم آن‌ها را با دقتی به شیوه‌ی قدیمی توصیف کنیم. بنا بر اصل عدم قطعیت ورنر هایزنبرگ آلمانی (**۱۹۲٦**)، هرچه اطلاعات‌مان درباره‌ی، مثلاً، سرعت یک ذره بیشتر باشد، درباره‌ی مکان آن کم‌تر می‌دانیم. قطعیت متعارف و سنتی پیوسته در حال رنگ باختن بود.

هایزنبرگ یکی از اجزای گروه کوچکی از جوانان تابناک بود که در دهه‌ی ۱۹۲۰ برای این‌که معنای ریاضیاتی را دریابند که فیزیک کوانتومی درباره‌ی فیزیک می‌گفت، به کندوکاوی ژرف پرداختند. اروین شرودینگر اتریشی و ماکس بورن آلمانی از جمله‌ی این جوانان بودند، چنان که پل دیراک انگلیسی هم از آنان شمرده می‌شد (**۱۹۲۸**).

اما مراد و هادی این مجموعه نیلس بور دانمارکی بود. در ابتدا از برخی ایده‌های فیزیک کوانتومی برای توضیح ساختار اتم (**۱۹۱۱**)، خاستگاه طیف‌ها (**۱۹۱۳**) و علت کارآیی جدول تناوبی عناصر (**۱۹۲٤**) سود جسته بود. اما این بصیرت‌ها و نگرش‌های تابناک، به اندیشیدن درباره‌ی الکترون‌ها به عنوان ذرات واقع در مواضع خاص به دور اتم وابسته بودند. همان موقع این مدل داشت جای خود را به مدلی می‌سپرد که در آن کاملاً مطمئن نبودیم یک الکترون چکار می‌کند یا در کجاست بلکه می‌توانستیم با دقت احتمال وجود آن را در یک مکان یا مکان دیگری بیان داریم. در عوض تعیین دقیق مدارهای الکترون، ابرهای الکترونی پراکنده را در اختیار داشتیم.

تا سال ۱۹۲۷ بور عوامل کلیدی و تعیین‌کننده را در قالب «تعبیر کپنهاکی» فیزیک کوانتومی جمع‌بندی کرده بود (وی در آن زمان در کپنهاک کار می‌کرد). یکی از مفاهیم کلیدی «اصل مکمل بودن یا مکملیت»[1] بود؛ راه‌های مختلف نگریستن به رویدادها یا پدیده‌ها می‌توانند به طور مساوی معتبر باشند. هرچند که نمی‌توانیم بگوییم کدام «حقیقی» است. پس «قاعده یا اصل همخوانی»[2] مطرح شد. فیزیک کوانتومی در مورد اشیای فوق‌العاده کوچکی که از نزدیک دیده شوند عمل می‌کند، اما اگر از راه دوری به آن‌ها نگاه کنیم ناگزیریم اندازه‌گیری‌هایی انجام دهیم مانند اندازه‌گیری‌هایی که در حوزه‌ی فیزیک کلاسیک انجام می‌شوند. به این علت است که در دنیای معمولی و روزمره می‌توانیم بدون نگرانی گذران کنیم، درست همان‌گونه که بدون توجه به نسبیت اینشتین (**۱۹۰٤، ۱۹۱۵**) به حیات خود ادامه می‌دهیم. در اکثر شرایط، فیزیک گالیه (**١٦٠٤**) و نیوتون (**١٦٨٦**) کاملاً کفایت می‌کنند.

پذیرش مفهوم بور در این زمینه که انجام یک مشاهده بر مورد مشاهده تأثیر می‌گذارد، برای اکثر مردم بسیار دشوار بود؛ هیچ ناظر و شاهدی نمی‌تواند واقعاً بی‌طرف باشد. در واقع، بعضی‌ها می‌گویند هیچ چیزی در واقع وجود ندارد مگر این‌که مشاهده شود. پیش از آن ما فقط با احتمالات مواجه‌ایم. موضوع مهم‌تر این است که، آنچه که جستجو می‌کنید بر آنچه که مشاهده می‌کنید تأثیر می‌گذارد. آزمایشی برپا می‌کنید تا امواج را ببینید، امواج را خواهید دید؛ به دنبال ذرات بگردید، ذرات را خواهید یافت.

---

1. complementarity

2. Correspondence rule (principle)

فیزیک کوانتومی، که مانند برخی از این ایده‌ها عجیب و غریب به نظر می‌رسد، بسیار توانمند است؛ برای دانشمندان این امکان را فراهم می‌آورد که برهم‌کنش بین ماده و انرژی را در شیمی یا حوزه‌ای دیگر با دقت محاسبه کنند. اینشتین، که برای بنیانگذاری فیزیک کوانتومی خیلی کارها کرد، به این موضوع اذعان می‌کرد. با همه‌ی این احوال، وی هرگز دیدگاه بور با «اصل مکمل بودن» بنیادی‌اش را نپذیرفت. وی «آزمایش‌هایی ذهنی» بر علیه آن طراحی کرد. زمانی گفت: «خدا هرگز تاس نمی‌اندازد.». این مناقشه کماکان ادامه دارد.

فردریک گریفیتس و آزوِلد اِیوری: «عامل انتقال»

۱۹۲۸

پژوهش‌های ده‌ها ساله در پی گشودن رازهای وراثت در سال ۱۹۲۸ به مرحله‌ی جدیدی وارد شد. فردریک گریفیتس زیست‌شناس آمریکایی می‌خواست بفهمد که چرا برخی اشکال و گونه‌های میکروب عامل سینه‌پهلو یا ذات‌الریه عامل حالت‌های وخیم‌تر بیماری نسبت به بیماری‌های دیگر است.

وی در زیر میکروسکوپ چیز متفاوتی را دید. سویه و نژاد بیماری‌زا («سویه‌ی S») دارای غلافی بود که از تعداد زیادی مولکول قند درست شده بود، و به آن ظاهری هموار و صاف می‌بخشید. شکل بدون زیان آن چنین پوشش و غلافی نداشت و بسیار ناهموارتر و زمخت‌تر به نظر می‌رسید («سویه‌ی R»). گریفیتس به جستجوی واکسن سینه‌پهلو پرداخت، و اصول مایه‌کوبی (واکسیناسیون) را، که لویی پاستور (۱۸۸٦) ابداع کرده بود، امتحان می‌کرد. گونه‌ی ضعیف شده‌ی موجود بیماری‌زا را می‌توان با دُز (چنده‌ی) خفیف بیماری به مریض داد که در ضمن در مقابل بیماری تمام عیاری که به او حمله کند، او را مصون نگه می‌دارد.

گریفیتس فکر می‌کرد که آمیزه‌ای از سویه‌ی بیماری‌زای S، که با گرما از بین می‌رود، و سویه‌ی غیرخطرناک R باید واکسن مؤثری را بسازد. متأسفانه، موش آزمایشگاهی پس از تزریق این آمیزه، که تا حدودی بیماری‌زا شده بود، مرد. این اتفاق چگونه افتاد؟ در زیر میکروسکوپ، علت را یافت؛ سویه‌ی R زنده اکنون غلافی صاف و صیقلی داشت. به نظر می‌رسید یک «عامل انتقال» در کار باشد، که غلاف صاف و عوامل بیماری‌زای همراه آن را، از باکتری‌های مرده به باکتری‌های زنده منتقل می‌کند.

گریفیتس سرش به مسائل دیگر گرم و مشغول بود و موضوع «عامل انتقال» خود را تعقیب نکرد. در سال ۱۹۴۳ آزوِلد اِیوری، دانشمند کانادایی و برخی همکارانش به

این موضوع نگاهی انداختند. در آن زمان، دو نامزد برای این عامل وجود داشت، دو نوع مواد شیمیایی که باید اطلاعات ژنتیکی را در قالب نوعی رمز حمل کنند.

گزینه‌ی پر طرفدار یک پروتئین بود. این ماده عبارت بود از زنجیره‌ای از بیست نوع گوناگون آمینواسید، که «حروف الفبایی» با ۲۰ حرف می‌سازد. نامزد دیگر، با آرای کم‌تر، DNA (دیوکسی ریبوز نوکلئیک اسید)، بود. این یکی هم مولکولی دراز بود اما فقط با چهار «حرف» مختلف. برای پیام‌های ژنتیکی پیچیده، قطعاً ۲۰ حرف از چهار حرف بهتر و کارآمدتر بود. عصر کامپیوتر باید به ما می‌آموخت که هر مقدار اطلاعات می‌تواند فقط با دو حرف (0 و 1) منتقل شود، اما در آن زمان این استدلال منطقی به نظر می‌رسید.

اِیوری و همکارانش پس از کوتاه زمانی اثبات کردند که این استدلال خطاست. آنان به میکروب‌های R و S گریفیتس برگشتند و «عامل انتقال» را استخراج کردند. آنان با بهره‌گیری از آنزیم‌های گوناگون ابتدا هر گونه پروتئین را، و سپس هر DNA، را از ماده جدا کردند. با جدا شدن پروتئین‌ها، باز هم تبدیل بدون زیان به خطرناک باز هم اتفاق افتاد، اما بدون DNA چنین نشد. موضوع اثبات شده بود. از آن هنگام به بعد، DNA در حکم مکانی است برای جستجوی دلیل شباهت ما به والدینمان.

الکساندر فلمینگ: بخت و پنی‌سیلین

۱۹۲۸ کشف پنی‌سیلین غالباً به مثابه نمونه‌ای از بخت بلند و خوش اقبالی درعلم شمرده می‌شود. کشف‌ها می‌توانند اتفاقی تحقق یابند، اما چشم و ذهن دقیق و موشکاف است که باید یک مشاهده‌ی اتفاقی را به کشف تبدیل کند.

الکساندر فلمینگ، پزشکی در بیمارستان سنت مری لندن، توجه و علاقه‌ی وافری به یافتن راه و روش‌های جلوگیری از عفونت داشت. تجربه‌هایش در جبهه‌های جنگ جهانی اول نشان می‌داد کشت و کشتار سربازان ناشی از عفونت، بسی فراتر از تعدادی است که بر اثر اصابت گلوله یا ترکش گلوله‌ی توپ به هلاکت می‌رسند.

فلمینگ که در سال ۱۹۲۸ برای چند روزی به تعطیلات رفته بود، تعدادی ظرف شیشه‌ای را که در آن‌ها گاهی باکتری‌های مهلک *استافیلوکوک آئوروس* («استاف طلایی») رشد داده شده بود، نشسته رها کرده بود. وقتی از تعطیلات برگشت، شروع به تمیز کردن ظرف‌ها کرد اما متوجه شد که کپک آبی- سبزی روی یکی از ظرف‌ها رشد کرده است. شگفت‌آورتر آن‌که، محیط کشت روی ظرف بدون هیچ‌یک از

باکتری‌ها در پیرامون هر خوشه‌ی کپک بود. به نظر می‌رسید که چیزی که از کپک تراوش کرده رشد باکتری‌ها را متوقف کرده است.

ظاهراً این کپک از خاک باغچه، بر اثر وزش باد، از پنجره به داخل آزمایشگاه راه یافته بود. فلمینگ این کپک را شناسایی کرد که *پنی‌سیلیم نوتاتوم* بود، و از این رو این کپک باکتری‌کش را «پنی‌سیلین» نامید. در آن هنگام از ارزش قدر نهایی این ماده شواهد اندکی در دست بود. بنا بر گزارش فلمینگ این کپک ناپایدار و پالودنش دشوار بود. فلمینگ به عنوان پزشک به امر تحقیقات نمی‌پرداخت. از این رو پس از چند سالی، این یافته به تدریج فراموش شد.

یک دهه بعد، ارنست چین، شیمیدان آلمانی‌تبار، که در آکسفورد با هاوارد فلوری استرالیایی کار می‌کرد، تصادفی به کشف فلمینگ برخورد کرد. این دو نفر تصمیم گرفتند راهی برای تولید انبوه آن کپک بیابند و، بنا به گفته‌ی آنان، هر چه در این باره جز این‌ها گفته شده همگی داستان است. پنی‌سیلین عفونت‌های باکتریایی حاد در موش‌ها، آنگاه در انسان‌های بیمار را درمان کرد، و تا پایان جنگ جهانی دوم جان سربازان مجروح را نجات داد. هر ماه نیم تن پنی‌سیلین تولید می‌شد. فلمینگ و چین مشترکاً جایزه‌ی نوبل پزشکی ۱۹۴۵ را دریافت کردند.

پنی‌سیلین نخستین «آنتی‌بیوتیک» بود؛ از کپک‌های گوناگونی بعداً سایر داروها را تولید کردند که از آن جمله می‌توان استرپتومایسین را برشمرد. در کنار داروهای «سولفا» که پیش از تولید انبوه پنی‌سیلین (۱۹۳۲) مصرف می‌شد، پنی‌سیلین و خویشاوندش به پزشکان سال‌های جدید توانمندی در مقابله با عفونت‌های حاد دادند. نژادهایی از باکتری‌ها که به نحو ترسناکی بر اثر این «داروهای شگفت» کشته نمی‌شدند، در ظرف چند سال شروع به ظهور کردند. مقاومت در برابر دارو نمونه‌ی ناخوشایندی از انتخاب طبیعی چارلز داروین به‌شمار می‌رفت.

لینوس پولینگ: پیوند در شیمی و در جهان

۱۹۲۸ لینوس پولینگ، شیمیدان آمریکایی، دو بار جایزه‌ی نوبل را دریافت داشته، که شاهکار نادری به‌شمار می‌آید. این دو جایزه هر دو در حوزه‌ی علم نبودند، چنان‌که جوایز ماری کوری هر دو در این حوزه بودند. پولینگ یکی از این جوایز را در شیمی و دیگری را، به نحوی مناقشه‌انگیز، برای صلح دریافت داشت. وی از لحاظ سیاسی بسی فعال بود و با آزمایش‌های جنگ‌افزارهای هسته‌ای و درگیر

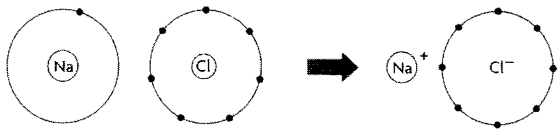
شدن آمریکا در جنگ ویتنام در خلال دهه‌ی ۱۹۷۰ قویاً مخالفت می‌کرد. وی در حوزه‌ی شیمی به غایت بارآور بود، در بسیاری از زمینه‌ها کار کرد، و سهم عمده‌ای در فهم پروتئین‌ها و سرانجام ساختار DNA (**۱۹۵۳**) داشت، اما محبوبیت و نام‌آوریش به علت هوادارایش از «دُزهای کلان» ویتامین C برای حفاظت در برابر سرماخوردگی عمومی، خدشه‌دار شد.

پولینگ در اوایل کارش از پس حل یکی از قدیمی‌ترین مسائل علم برآمد: چه چیزی مولکول‌ها را در ترکیب‌های شیمیایی کنار هم نگه می‌دارد؟ یک قرن پیش‌تر، یونس برسلیوس، شیمیدان سوئدی (**۱۸۱٤**)، نظریه‌ای پرداخته بود مبنی بر این‌که هر مولکولی یک جزء با بار مثبت و یک جزء با بار منفی دارد، و ربایش متقابل این وضعیت را موجب می‌شود. این نظریه برای ترکیب‌هایی که «یونی» خوانده می‌شدند کارآمد بود، ترکیب‌هایی که وقتی حل یا ذوب می‌شدند الکتریسیته از خود عبور می‌دادند. این ترکیب‌ها اسیدها، بازها و نمک‌ها را شامل می‌شدند اما، مثلاً، خود آب، و گستره‌ی وسیعی از ترکیب‌های آلی، را در بر نمی‌گرفتند. این نظر توضیح نمی‌داد که دو اتم اکسیژن و یا دو اتم نیتروژن چگونه می‌توانند یک مولکول را تشکیل دهند؛ این موضوع باعث شد که برسلیوس فرضیه‌ی آووگادرو (**۱۸۱۱**) را رد کند و قسمتی از علم شیمی را ۵۰ سال عقب نگه دارد.

پاسخ در الکترون‌ها نهفته است که برسلیوس چیزی درباره‌ی آن‌ها نمی‌دانست. ارنست رادرفورد و نیلس بور با تجسم اتم‌های حاوی الکترون‌ها راه را نشان داده بودند (**۱۹۱۱**). پولینگ می‌دانست که در ترکیب‌های یونی چون نمک طعام (سدیم کلرید)، الکترون‌ها عملاً مبادله می‌شوند. اتم سدیم یک الکترون به اتم کلر می‌دهد، به این ترتیب اکنون اتم سدیم یک بار مثبت دارد و کلر بار منفی پیدا می‌کند. واضح است که این تحول در آب یا هیدروژن و یا تعداد زیادی مواد دیگر نمی‌افتاد. پولینگ این ایده را پی گرفت که الکترون‌ها در آن ترکیب‌ها مشترک‌اند. سایرین، مانند هم‌وطنش گیلبرت لوئیس، قبلاً به این ایده فکر کرده بودند، اما پولینگ به جزئیات پرداخت.

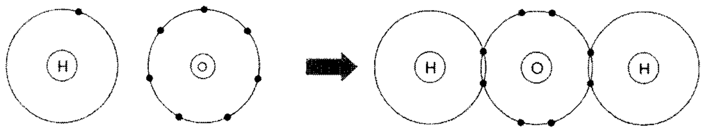
> *علم عبارت است از جستجوی حقیقت ــ علم بازی نیست که در آن کسی بکوشد حریفش را شکست دهد، و به دیگران آسیب برساند.*
>
> لینوس پولینگ

پیوند یونی



الکترون‌ها برای تولید یون مبادله می‌شوند

پیوند کووالانسی



الکترون‌ها به صورت زوج به اشتراک نهاده می‌شوند

در اکثر پیوندهایی که مولکول‌ها را کنار هم نگه می‌دارند الکترون‌ها دخالت دارند. در مثال اول، اتم سدیم یک الکترون خارجی به اتم کلر می‌بخشد، که پوسته‌ی خارجی اتم اخیر با هشت الکترون پر می‌شود. آنگاه «جزایر» مثبت‌بار و منفی‌بار ربوده می‌شوند تا مولکول‌های ترکیب یونی سدیم کلرید (نمک طعام) را تشکیل دهند. این یون‌ها می‌توانند جدا («تفکیک») شوند، از این رو اگر نمک طعام در آب حل شود یا این‌که ذوب شود، مایع حاصل الکتریسیته را هدایت می‌کند.

در مورد آب، هم اتم‌های اکسیژن و هم هیدروژن در جستجوی پر کردن پوسته‌ی خارجی دو (برای هیدروژن) و هشت (برای اکسیژن) الکترونی‌اند و از طریق به اشتراک نهادن زوج الکترون‌ها به این حالت دست می‌یابند. هر زوج الکترون یک «پیوند کووالانسی» تشکیل می‌دهد. ترکیب‌های کووالانسی تفکیک نمی‌شوند و از این رو الکتریسیته را هدایت نمی‌کنند یا هادی ضعیفی هستند.

ایده‌ی بنیانی در این مورد به نیلس بور برمی‌گردد (**۱۹۱۳**) و شبیه همین است. اتم‌ها در پیوند با اتم‌های دیگر و تشکیل ترکیب‌ها، تلاش می‌کنند به آرایش پایداری از الکترون‌های مداریشان برسند. وضعیت مرجع عبارت است از پر کردن مدار خارجی‌شان، مثلاً ار طریق دارا بودن دو یا هشت الکترون در آن مدار. هر اتم هیدروژن یک تک الکترون دارد. در مولکول هیدروژن، دو اتم می‌توانند روی دو الکترون ادعای مالکیت کنند، که نوعی «حق استفاده‌ی نوبتی» است.

در آب، هر اتم هیدروژن می‌تواند در یک الکترون و اتم اکسیژن در شش الکترون سهیم باشد. این امر به هر اتم هیدروژن امکان دسترسی به دو الکترون و به هر اتم

اکسیژن امکان دسترسی به هشت الکترون را می‌دهد. از این‌رو هم اتم هیدروژن و هم اتم اکسیژن لایه‌های پری دارند و بنابراین شرایطشان تأمین می‌شود. در نمودار بالا این معنی بیشتر توضیح داده شده است.

در اینجا برای مفهوم بنیادی ولانس (ظرفیت) یا «قدرت ترکیب شیمیایی» (**۱۸۵۲**) توضیحی ارائه می‌دهیم. با ظرفیت دو، اکسیژن می‌تواند با دو اتم هیدروژن (مانند مورد H_2O) پیوند برقرار کند. هر یک از این پیوندها یک زوج اشتراک الکترون‌هاست. برای این‌که هشت الکترون لایه‌ی خارجی نیتروژن تکمیل شود، این عنصر به سه الکترون نیاز دارد. بنابراین می‌تواند سه پیوند الکترون اشتراکی با هیدروژن برقرار کند، که ظرفیت سه را به آن می‌دهد و ترکیب‌هایی چون NH_3 (آمونیاک) را به وجود می‌آورد. برای این‌که کربن به هشت الکترون کافی برسد به چهار الکترون نیاز دارد، و از این رو با چهار اتم هیدروژن در CH_4 (متان) پیوند برقرار خواهد کرد.

پولینگ این پیوندهای مشترک بین اتم‌ها در ترکیب‌ها را «پیوندهای کووالانسی» نامید و همه‌ی این‌ها را در مقالاتش تحت عنوان *پیوند شیمیایی الکترون مشترک* در سال ۱۹۲۸ شرح داد و منتشر کرد. این مقاله برایش آوازه و محبوبیت به بار آورد و علم شیمی را چند گام حیاتی به پیش راند.

پل دیراک: پیش‌بینی پادماده

۱۹۲۸ یکی از معیارهای وجهه و اعتبار پل دیراک زاده‌ی انگلستان از پدری سویسی، این بود که حدود ٤٠ سال استاد لوکاسی ریاضیات دانشگاه کمبریج بود. این همان کرسی‌ای است که زمانی در اشغال آیزاک نیوتون بود و از سال ۲۰۰۵ استیون هوکینگ بر مسند آن نشسته است.

دیراک به خاطر خشکی و سردی رفتار و سلوکش شهره بود. گفته شده (به شوخی) او در گنج واژه‌اش فقط سه کلمه داشت: «بله»، «خیر» و «نمی‌دانم». دیراک آزمایشگر نبود، با قلم و کاغذ و معادلات ریاضی کار می‌کرد تا چیزهایی را پیش‌بینی و پیشگویی کند که آزمایشگران در آزمایشگاه به دنبالش بگردند. مشهورترین این پیشگویی‌ها «الکترون مثبت» بود. در حدود سال ۱۹۲۸ دیراک فهم و درک روزگارش از الکترون را از طریق ترکیب معادلات ناشی از دو ایده‌ی عمده در علم فیزیک زمانه‌ی خود، فیزیک کوانتومی (**۱۹۲۷**) و نسبیت خاص (**۱۹۰۵**)، را جمع‌بندی کرد. در سال ۱۹۳۱ پی برد که اگر معادلاتش درست باشند، الکترون باید «تصویری آینه‌ای»،

معکوس چپ- راست تصویر ما در آینه، داشته باشد. به نظر وی ذره‌ی تصویر آینه‌ای الکترون باید بار مثبت داشته باشد، نه منفی، و از این رو آن را «پوزیترون» نامید.

پیش‌بینی‌های شگفت‌آورتری در پی آن صورت گرفت. پوزیترون را می‌توان یک پاد الکترون تلقی کرد: اگر یک پوزیترون و یک الکترون با هم برخورد کنند، یکدیگر را نابود خواهند کرد و هر دو به صورت یک درخش انرژی نابود خواهند شد. برعکس، انرژی می‌تواند به ماده تبدیل شود به شرط آن‌که یک زوج «ذره‌ی آینه‌ای» حاصل شود. به این ترتیب، تحت شرایطی معین یک پوزیترون و یک الکترون می‌توانند همزمان ایجاد شوند، که مثال و نمونه‌ای از «تولید زوج» به‌شمار می‌آید.

تمام این حرف‌ها ریاضیات بود، اما درست از کار درآمد. کارل آندرسون آمریکایی در سال ۱۹۳۲، در حالی که از رد پرتوهای کیهانی عکسبرداری می‌کرد (که در آن موقع چشمه‌ی انرژی کافی برای تولید زوج به‌شمار می‌آمد)، رگه‌هایی را یافت که باید الکترون‌ها آن‌ها را پدید می‌آوردند، اما پس از عبور از میدان مغناطیسی به «سمتی دیگر» خم می‌شوند. این‌ها پوزیترون بودند. کوتاه زمانی بعد، پاتریک بلاکت (**۱۹۳۲ آزمایشگاه کاوندیش**) در انگلستان اتفاقی از تولید زوج عکسبرداری کرد، که دو رد و اثر از هیچ‌جا هویدا شد و در دو جهت مخالف انحنا یافتند، به همان گونه که دیراک پیش‌بینی کرده بود.

> *زیبایی در معادلاتی که کسی به دست می‌آورد، مهم‌تر است تا این‌که با آزمایش منطبق و سازگار شوند.*
>
> پل دیراک

حالا به نظر می رسد که همه‌ی ذرات دارای «پادذره»اند. مثلاً، پادپروتون دارای بار منفی است؛ این ذره تا سال ۱۹۵۲ یافته نشد. می‌توانیم تمامی اجتماع «پادماده» را مجسم کنیم. از کنار هم آوردن ماده و پادماده هیچ چیز باقی نمی‌ماند، مگر انرژی.

ادوین هابل: انبساط عالم

۱۹۲۹ ادوین هابل، ستاره‌شناس آمریکایی، نخستین تصویر روشن و واضح از چگونگی واقع شدن زمین و خورشید در نظم بزرگ مقیاس جهان هستی را

فراهم آورد. کسان دیگری نشان داده بودند که خورشید فقط یک ستاره در میان میلیاردها ستاره در کهکشان «راه شیری» است. در سال ۱۹۲٤ هابل نشان داد که کهکشان ما صرفاً یک کهکشان در میان بسیار، شاید میلیون‌ها، کهکشان دیگر است که در فضا پراکنده‌اند، و میانگین فاصله‌ی آن‌ها دست‌کم ۳۰ برابراندازه‌ی خود کهکشان‌هاست.

در سال ۱۹۲۹ هابل خبرهای بیشتری آورد: کهکشان‌ها در حرکت‌اند. ستاره‌شناسانی چون وستو اسلیفر، با بهره‌گیری از هم‌ارزی از اثر دوپلر برای نور (**۱۸٤۲**)، ثابت کرده بودند که اکثر کهکشان‌ها دارند از ما دور می‌شوند (**۱۹۱۲**). فقط نزدیک‌ترین آن‌ها، کهکشان امراۀالمسلسله، در حال نزدیک‌تر شدن است. هابل به طریقی سامانمند منحنی تغییرات سرعت پسروی، به دست آمده از «انتقال به سرخ» کهکشان، بر حسب مسافت دور شدن را، که از مطالعه‌ی متغیرهای قیفاووسی به دست آمده بود (**۱۹۱۲ لِویت**)، ترسیم کرد. وی به رابطه‌ای رسید که به نحو شگفتی ساده بود. هر چه کهکشانی دورتر شود، سرعت دور شدنش بیشتر می‌شود. رابطه‌ی بین سرعت و فاصله را ثابت هابل نامیدند.

نتیجه بسی روشن بود. ما در عالمی در حال انبساط زندگی می‌کنیم. هابل نشان داد که کهکشان‌های به فاصله‌ی ۱۳۵ میلیون سال نوری با سرعت ۲۰,۰۰۰ کیلومتر بر ثانیه دور می‌شوند. فقط چند دهه پیش‌تر، این دو عدد را خیالبافی قلمداد کرده بودند. اگر اتفاقی نیفتد، فاصله‌ی بین کهکشان‌ها با گذشت زمان افزایش خواهد یافت. برعکس، باید زمانی در گذشته وجود می‌داشته که همه‌ی این کهکشان‌ها بسیار به هم نزدیک می‌بودند.

ثابت هابل (H)

این عدد حاکی از آهنگ انبساط عالم است، زیرا کهکشان‌های دور سریع‌تر از آن که به ما نزدیک شوند، دارند از ما دور می‌شوند. اندازه‌گیری‌های اخیر H نشان می‌دهند که سرعت پسروی به اندازه‌ی حدود ۱۸ کیلومتر بر ثانیه به ازای هر میلیون سال نوری که به فاصله اضافه می‌شود، افزایش می‌یابد. در نتیجه، کهکشان‌ها و اختروش‌های به فاصله‌ی حدود ۱۲ میلیارد سال نوری دارند با سرعتی نزدیک سرعت نور از ما دور می‌شوند. این فاصله لبه‌ی عالم قابل رؤیت را مشخص می‌کند و به زمانی دلالت می‌کند که از هنگام «مهبانگ» (۱۹۵۰) سپری شده است.

ثابت هابل در اینجا اهمیت دیگری پیدا می‌کند. نگاه کردن به بیرون از فضا به معنای نگاه کردن به عقب در زمان (به گذشته) است. ما نور خورشید را نه آن‌که «الان» هست می‌بینیم، بلکه نور هشت دقیقه قبل از آن را می‌بینیم، زیرا هشت دقیقه طول می‌کشد تا نور خورشید به ما برسد. نور نزدیک‌ترین ستارگان در هنگامی که آن را می‌بینیم متعلق به چهار سال قبل آن ستارگان است، نوری که از کهکشان امراةالمسلسله دریافت می‌کنیم دو میلیون سال عمر دارد. پس، قست اعظم کهکشان‌های دوری که می‌توانیم ببینیم بازنمای دیرینه‌ترین رویدادهایی است که می‌توانسته‌ایم از آن‌ها اطلاعاتی به دست آوریم.

این که چقدر می‌توانیم به عقب برگردیم به این بستگی دارد که آن اشیاء در چه فاصله‌ای واقع‌اند؛ این هم به آهنگ انبساط، یعنی ثابت هابل، بستگی دارد. بنابراین، ثابت یاد شده بین عمر عالم، اندازه و ابعاد آن و آهنگ گسترش‌اش پیوند برقرار می‌کند. یافتن مقدار دقیق این عدد مهم چالشی است برای ۶۰ سال آینده. (**۱۹۹۲** [**کوبه** COBE]).

ولفگانگ پائولی: «آن خنثای کوچک»

۱۹۳۲

تا دهه‌ی ۱۹۳۰ فیزیکدانان «پرتوها»ی گسیلی از عناصر پرتوزا را به مدت سه دهه مطالعه کرده بودند. سرعت ذرات بتا، که عبارت‌اند از جریان‌های الکترون‌ها (**۱۸۹۹ پرتوزایی**)، اندازه‌گیری و معلوم شده بود با گستره‌ی پهناوری از سرعت‌های مختلف حرکت می‌کنند. در واقع، هر سرعتی ممکن به نظر می‌رسید. در عصر فیزیک کوانتومی، این هم یکی از مسائل به‌شمار می‌رفت. بنا بر نگرش جدید، هر چیزی در جهان کوچک اتم، از جمله انرژی (و بنابراین سرعت) ذرات، فقط به صورت بسته‌هایی با اندازه‌ی معین به دست می‌آمد. گستره‌ی پیوسته مطلقاً مجاز نیست.

ولفگانگ پائولی، فیزیکدان آلمانی، که ذهن چابک او قانون «نه بیشتر از دو الکترون در یک مکان» را پدید آورده بود (**۱۹۲۵**)، در اینجا هم راه حلی ارائه داد. بسته‌های انرژی که ذرات بتا را از اتم‌های پرتوزا پرتاب می‌کردند در واقع به اندازه‌های معینی بودند، بسته به این‌که در «ترازهای انرژی» مجاز چقدر به ژرفا می‌رفتند، اما الکترون فقط بخشی از آن را تحت‌تأثیر قرار می‌داد. بقیه در اختیار چیز دیگری، چیزی که از آشکارسازی به وسیله‌ی ابزار پیرامونی می‌گریخت، قرار می‌گرفت.

«ذرات دیگر»، که چنان مرموز بودند نمی‌توانستند بار، و جرم داشته باشند و گرایشی به برقراری برهم‌کنش با ماده‌ی دیگر هم نداشته باشند. صرفاً «وجود داشتند». پائولی ذره‌ی پیش‌بینی شده‌ی خود را «آن خنثای کوچک» نامید. این نام در آلمان باقی نماند و ثبت نشد، اما فیزیکدان ایتالیایی، انریکو فرمی آن را «نوترینو» نامید که این نام ماندگار شد.

نوترینوها در واقع لغزنده و گریزان بودند. وجودشان تا سال ۱۹۵۵ اثبات نشد، که در آن هنگام فقط در خروجی یک رآکتور هسته‌ای یافت شدند.

> *نگران آهسته فکر کردن تو نیستم؛ نگران این هستم که سریع‌تر از آنچه می‌اندیشی، اعلام و منتشر می‌کنی.*
>
> **ولفگانگ پائولی**

مفاهیم اولیه به نوترینو جرمی نسبت نمی‌داد، اما پژوهشگران بعدی چندان از این موضوع مطمئن نبودند. حتی اگر نوترینوها فقط جرم ناچیزی داشتند، دیگر نوترینو نبودند (بسیار فراوان‌تر از اتم‌ها) که می‌توانستند بخش عمده‌ای از جرم کلی کیهان را تشکیل دهند. این امر نوترینوها را نامزد اصلی برای توضیح «جرم گمشده‌ی» جهان هستی قرار داد، در همان موقعی که می‌دانستیم عالم دارد جرم از دست می‌دهد (**۱۹۳۶ تسویکی**).

کارل یانسکی: سیگنال‌های رادیویی که از فضا می‌آیند

۱۹۳۱ یکی از پیشرفت‌های عمده‌ی علم قرن بیستم در تاریخ نجوم با تصادف صرف آغاز شد. در سال ۱۹۳۲، کارل یانسکی در کمپانی بل تلفن در ایالات متحده‌ی آمریکا مهندس بود. ارتباط‌های رادیویی این کمپانی در دو سوی اقیانوس اطلس و اقیانوس کبیر پیام‌های تلگرافی و تلفنی را برقرار می‌کردند. این هر دو ارتباط گرفتار نوفه‌های جوّی (پارازیت) بودند، که در هنگام ازدحام مکالمه مغشوش می‌شدند، و پیام‌های تلگرافی را ناخوانا و مکالمات تلفنی را غیر قابل فهم می‌کرد. یانسکی را مأمور بهبود بخشیدن «نسبت سیگنال به نوفه» کردند.

یانسکی آنتن گیرنده‌ی بزرگی بر یک سکوی چرخان در یک ایستگاه میدانی در نیوجرسی ساخت و برپا کرد. وی می‌توانست این آنتن را بگرداند تا سرچشمه

تداخل‌های مزاحم را مکان‌یابی کند. منبع‌های آشکار عبارت بودند از توفان‌های تندری، سایر فرستنده‌ها، تجهیزات الکتریکی پر سروصدا در کارخانه‌ها و حتی هواپیما. با همه‌ی این احوال سروصدای ضعیف دیگری هم باقی ماند که ظاهراً از جای خاصی نمی‌آمد.

به نظر می‌رسید این چشمه‌ی نامعلوم طی روز قوی‌تر و ضعیف‌تر می‌شود، و زمانی یانسکی گمان کرد منشأ آن خورشید است. اما پیش آمدن گرفتگی خورشید تأثیری بر جای نگذاشت و در هر حالت به نظر می‌رسید این چشمه چهار دقیقه زودتر در هر روز بر فراز افق ظهور می‌کرد، از این رو هر ماه دو ساعت از خورشید جلو می‌افتاد. این حدس جان گرفت که چیزی در خارج در میان ستارگان نوفه را ایجاد می‌کنند. یانسکی به زودی پی برد که وقتی کهکشان راه شیری، با میلیاردها ستاره‌اش، بخصوص بخش وسیع و ضخیم آن در صورت فلکی قوس، در بالای سر قرار می‌گیرد، نوفه‌های جوّ به اوج خود می‌رسند. و در اینجا شاهدی به دست آمد مبنی بر این‌که اجرام آسمانی نه تنها نور بلکه امواج رادیویی هم گسیل می‌کنند.

قابل فهم است که این کشف چندان جاذبه و فایده‌ای برای کمپانی تلفن بل نداشت. برای نوفه‌ی جوّی فرا رسیده از فضا نمی‌توانستند کاری انجام دهند؛ آنان پروژه را تعطیل کردند و یانسکی را به کار دیگری گماردند. پس از آن‌که وی یافته‌هایش را در نشریه‌های تخصصی منتشر کرد، این حکایت در سال ۱۹۳۳ در صفحه‌ی اول *نیویورک تایمز* چاپ شد. او ناگزیر شد حدس‌هایش در خصوص این‌که موجودات فرازمینی پیام‌ها را ارسال می‌کنند، انکار کند.

ستاره‌شناسان توجه چندانی به این امر نکردند و این حدس را که امواج رادیویی باید از راه شیری ناشی شده باشند، تأیید نکردند و به آن به نظر نامساعد نگریستند. علت این نوفه‌ها چه می‌توانست باشد؟ تنها کسی که آن را ادامه داد یک ستاره‌شناس آماتور رادیویی به نام گروت ربر بود، که نخستین تلسکوپ رادیویی را در حیات خانه‌اش برپا و نخستین نقشه‌های شدت نوفه‌ی رادیویی در پهنه‌ی آسمان را در حدود سال ۱۹۳۷ ترسیم کرد. در اینجا نیز جامعه‌ی ستاره‌شناسان این کار را نادیده گرفت. کشف‌ها در خلال سال‌های بعد از جنگ جهانی دوم نگرش آن‌ها را دگرگون کرد (**۱۹۵۰ مهبانگ**).

مسیر کشف یانسکی را به شیوه‌ای درخور توجه در سال ۱۹۶۵ دو تن دیگر از کارکنان بل تلفن تکرار و همتاسازی کردند، اما امواج رادیویی آن‌ها از فراسوی راه شیری می‌آمد.

«یک سال شگفتی» در آزمایشگاه کاوندیش

۱۹۳۲ سالی را که در آن تعدادی اتفاق‌های شگفت و حیرت‌آور می‌افتد، گاهی *سال معجزه‌آسا* می‌گویند. سال ۱۹۳۲ در آزمایشگاه کاوندیش در کمبریج همین اتفاق افتاد. تحت هدایت بی‌مانند ارنست رادرفورد، این نیوزلندی پر جوش و خروش، که در سال ۱۹۱۹ آزمایشگاه را از جی جی تامسون تحویل گرفته بود، گروه قدرتمندی از فیزیکدانان و افزارمندان، که بسیاریشان جوان بودند، متعاقب جنگ جهانی اول دور هم گرد آمده بودند و به عرصه‌ی علوم جدید، و مشخصاً «فیزیک هسته‌ای» پای می‌نهادند که به جای «فیزیک اتمی» در حکم مطالعه‌ی جهان بسیار ریز قرار گرفته بود. در سال ۱۹۳۲ سه کشف عمده در کاوندیش صورت گرفت؛ و بانیان این هر سه کشف جایزه‌ی نوبل دریافت کردند؛ و همگی چهره‌ی فیزیک را دگرگون کردند. دست‌کم دو قلم آن‌ها از تأثیر و نفوذ رادرفورد نشان داشتند.

در سال **۱۹۲۰** رادرفورد این ایده را ابراز کرده بود که ذرات بدون بار با پروتون‌ها ترکیب می‌شوند و هسته‌ی اتم‌ها را تشکیل می‌دهند. در سال ۱۹۳۲ جیمز چدویک، جانشین ذخیره‌ی او (که هرگز خیلی تندرست نبود)، پس از ده سال کار جانفرسا این «نوترون‌ها» را یافت. وقتی هسته‌ی فلز سبک بریلیم را تحت ضربات ذرات آلفا قرار دادند، تابش بسیار نافذی را رها کرد که سایر پژوهشگران تصور کردند پرتوهای گاماست (**۱۸۹۹ پرتوزایی**). چدویک چند آزمون انجام داد و پی برد که آن‌ها نوترون‌هایند که از دیرباز دنبالشان می‌گشت. چنان‌که در دهه‌ی بعد اتفاق افتاد، نوترون‌ها در واکنش‌های بمب اتمی (**۱۹۳۸ شکافت هسته‌ای**) نقش مهمی بازی کرد، و چدویک خودش در پروژه‌ی منهتن، که نخستین جنگ‌افزارهای هسته‌ای را تولید کرد، نقش عمده‌ای بر عهده داشت.

در همان سال، نظر دیگری از آرای رادرفورد به بار نشست. وی بیان داشته بود که ذرات سریعی چون پروتون‌ها می‌توانند اتم‌ها را کارآمدتر از ذرات آلفای والامقام آن موقع بشکافند و شاید هم خیلی فراتر از این‌ها اتفاق افتد. جان کاکّرافت انگلیسی سرسخت و عبوس، و ارنست والتون، جوان ایرلندی دستگاهی ساختند تا چنین بمبارانی را میسر کنند. آنان به شکافتن هسته‌ی بسیاری عناصر مختلف مبادرت کردند، و افشانه‌هایی از ذرات آلفا و قطعه‌هایی تولید کردند که آنچه را که هسته‌ها شامل می‌شدند، تأیید کرد. این را نخستین «شکافتن اتم» نام داده‌اند، هرچند که رادرفورد اعلام کرد که در سال ۱۹۱۹ این کار را انجام داده است. قطعاً این امر بخشی از حرکت نو و پر دامنه‌ای در فیزیک به‌شمار می‌آمد برای این‌که تجهیزات موجود را با دستگاه‌هایی

جایگزین کنند که بیشتر به مهندسی برق وابسته بودند تا به «نخ و موم» سنتی.

سومین پیروزی کاوندیش در سال ۱۹۳۲ به پاتریک بلاکت تعلق داشت ــ خوش قیافه، افسونگر، و افراطی در سیاست‌هایش و سیاست‌مرد علمی عمده‌ای در سال‌های آینده. بلاکت یکی از استادان اتاقک ابر بود (**۱۹۱۲ ویلسون و گایگر**)، که رد تکه‌های ماده مانند آن‌ها که در کیمیاگری مختصر رادرفورد در **۱۹۱۹** به کار گرفته شدند، قابل رؤیت کرد. وی بعداً این روش‌ها و تکنیک‌ها را با عکاسی از مسیرهای پرتوهای کیهانی، ذرات پر انرژی در فضا (**۱۹۱۲ هس**)، سازگار و جفت و جور کرد. پیش از دستگاه کاکّرافت/ والتون و دستگاه‌های مشابه، پرتوهای کیهانی پر انرژی‌ترین ذرات موجود برای مطالعه به‌شمار می‌رفتند. بعضی از آن‌ها آنقدر انرژی دارند که از هیچ ذرات جدید پدید آورند، مانند زوج‌های الکترون- پوزیترون که تولیدشان را پل دیراک پیش‌بینی کرده بود (۱۹۲۸). برخی تصویرهای بلاکت لحظه‌ی دقیق این عمل آفرینش را، با رد و اثرهای دو ذره که در دو جهت مخالف خمیده می‌شدند، نشان دادند.

چارلز ریشتر: بزرگی زمین‌لرزه

۱۹۳۵

هرگاه زمین‌لرزه‌ای اتفاق می‌افتد، نخستین پرسش معمولاً از این قرار است که «بزرگی آن چقدر بود»؟ پرسیدنش آسان، اما پاسخ دادن به آن چندان آسان نیست. اگر بپرسید که چقدر خسارت به بار آورده، یا چقدر زمین را تکان داده، درباره‌ی «شدت» زمین‌لرزه سوآل کرده‌اید، با در نظر گرفتن عددی در مقیاس مرکالی (زمین‌شناس ایتالیایی). مثل این است که بپرسند قدرت سیگنال گسیلی از ایستگاهی رادیویی در جایی که آن را می‌شنوید چقدر است. قرائت عدد یک در آن مقیاس به معنای این است که زمین‌لرزه صرفاً احساس می‌شود هر چند که به وسیله‌ی تجهیزات و دستگاه‌ها؛ قرائت عدد ده به معنای تخریب کامل است.

موضوع اساسی‌تر «بزرگی» زمین‌لرزه است؛ در منشأ یا مرکزش چقدر انرژی آزاد کرده، چقدر سنگ و صخره در آنجا جابه‌جا شده‌اند. مقیاس ریشتر را چارلز ریشتر آمریکایی در سال ۱۹۳۵ تدوین کرد که به این پرسش‌ها پاسخ می‌دهد. در اصل این مقیاس فقط در مورد زمین‌لرزه‌هایی در جنوب کالیفرنیا (که فراوان هم رخ می‌دهند) نزدیکی لس آنجلس و در همان جایی که کار می‌کرد، اعمال می‌شد. اکنون در همه جای دنیا کاربرد دارد، و نام ریشتر جزئی از زبان روزمره‌ی ماست.

بزرگی زمین‌لرزه فوق‌العاده متغیر است: زمین‌لرزه‌های ویرانگر میلیون‌ها بار بیشتر از زمین‌لرزه‌هایی کوچک که بزرگی‌شان فقط چندان است که اندازه‌گیری شوند، انرژی

تولید می‌کنند. بنابراین، مقیاس یاد شده لگاریتمی است: هر مرحله به معنای این است که انرژی آزاد شده ده برابر است. ویرانگری بالقوه‌ی زمین‌لرزه‌ای به بزرگی هفت ده برابر ویرانگری زمین‌لرزه‌ای به بزرگی شش، صد برابر زمین‌لرزه‌ای به بزرگی پنج، هزار برابر ویرانگری زمین لرزه‌ای به بزرگی چهار است.

انتهای این مقیاس باز است: بزرگ‌ترین زمین‌لرزه‌های ثبت شده حدود نه در این مقیاس‌اند، مانند زمین‌لرزه‌ای که در جنوب شرقی آسیا در دسامبر ۲۰۰٤ موجب بروز سونامی فاجعه‌باری شد. احتمال این‌که زمانی زمین‌لرزه‌ای به بزرگی ده بروز کند اندک است، اما این مقیاس آن بزرگی و بزرگ‌تر از آن را هم رسیدگی می‌کند.

در سال ۱۹۵٤ ریشتر به چیز دیگری درباره‌ی این مقیاس پی برد: این مقیاس میزان احتمال وقوع زمین‌لرزه‌هایی با بزرگی‌های مختلف را منعکس می‌کند. احتمال وقوع زمین لرزه‌هایی به بزرگی شش، ده برابر احتمال وقوع زمین‌لرزه‌هایی به بزرگی هفت و یکصد برابر احتمال وقوع زمین‌لرزه‌هایی به بزرگی هشت است.

اکنون در سرتاسر کره‌ی زمین ایستگاه‌هایی مستقرند که زمین‌لرزه‌ها را نظاره کنند. لرزه‌نگارها امواج انرژی زمین‌لرزه را، غالباً بعد از آن که چند هزار کیلومتر در زمین راه پیموده‌اند، دریافت می‌کنند. متخصصان و کارشناسان، عمدتاً با تکیه بر زمانی که طول می‌کشد تا این امواج به ایستگاه‌های گوناگون برسند، می‌توانند دقیقاً محاسبه کنند زمین‌لرزه در کدام نقطه‌ی کره‌ی زمین رخ داده، در چه عمقی در زیر زمین بوده و قدرتش چقدر بوده است. با ترسیم نمودار این ارقام روی نقشه‌ی کره‌ی زمین نشان داده می‌شود که اکثر زمین‌لرزه‌ها در مناطقی باریک، بخصوص در «حلقه‌ی آتش» پیرامون اقیانوس آرام و در امتداد تیزه‌ی درازی که از طریق آسیا، هیمالیا، خاورمیانه و امتدادش تا اروپا کشیده می‌شود، به وقوع می‌پیوندند. در انتهای دورترین این تیزه لیسبون قرار دارد، که در زمین‌لرزه‌ی سال **۱۷۵۵** تقریباً به تمامی ویرانی شد.

الگوی زمین‌لرزه‌ها (و آتشفشان‌ها) پشتیبان توانمندی برای نظریه‌ی زمین‌ساخت ورقه‌ای به‌شمار می‌آید، که بنا بر آن قطعه‌های بزرگ پوسته‌ی کره‌ی زمین نسبت به یکدیگر در حرکت قاره‌ای‌اند (۱۹۹۲).

فرانتس تسویکی: نوستاره‌ها و اَبَرستاره‌ها

۱۹۳۶ در خلال قرن‌ها، نظاره‌گران آسمان‌ها تغییر بسیار چیزها را مشاهده کرده و به چشم دیده‌اند. برخی تغییرات منظم و قابل پیش‌بینی‌اند، مانند اهله‌ی

قمر و حرکت سیارات. تغییرات دیگر بدون هشدار بروز می‌کنند، مانند ستارگان جدید یا «نو اختران» که ناگهان در جایی ظاهر می‌شوند که هیچ ستاره‌ای قبلاً در آنجا نبوده است. ستاره‌ی تیکو در ۱۵۷۲ و ستاره‌ی کپلر سال ۱۹۰۴ (**آسمان‌های ناثابت**) از این جمله به‌شمار می‌آیند، که چندان درخشان‌اند که پیش از رنگ باختن در روز دیده می‌شوند، و ستاره‌شناسان چینی یکی از درخشان‌ترین آن‌ها را در سال ۱۰۵۲ مشاهده کرده‌اند.

همین‌که دانسته شد مجموعه‌ی ستارگان خود ما تنها مجموعه در جهان هستی نیستند (**۱۹۲۴ هابل**) و کهکشان‌های دیگری هم وجود دارند، ستاره‌شناسان برای یافتن نو اختران مشغول نگاه کردن به درون آن‌ها شدند، هر چند آنچه که از چنین مسافتی قرار است دیده شود، انفجارهای بسیار درخشان‌اند، که به آن‌ها «اَبَر نواختر» می‌گویند. ستارگان ۱۰۵۲، ۱۵۷۲ و ۱۶۰۴ از این طبقه و رده‌اند.

یکی از جستجوگران سخت‌کوش اَبَر نواختران ستاره‌شناس عجیب و غریب آمریکایی فرانتس تسویکی بود، که معروف بود دانشجویانی را که نمی‌شناخت با این پرسش خطاب می‌کرد: «از کدام جهنم دره‌ای آمده‌ای؟» وی از آغاز جستجویش در سال ۱۹۳۶، بیست اَبَر نواختر را در کهکشان‌های دیگر یافت. برخی از آن‌ها به درخشانی کل آن کهکشان به مدت چند ماه بودند، تا این‌که رنگ می‌باختند و از نظر ناپدید می‌شدند. واضح است که رویدادی فاجعه‌بار اتفاق افتاده که چنین میزان انرژی‌ای را رها کرده است.

تسویکی سناریویی طراحی کرد. به استدلال وی، ستاره‌ای بزرگ تمامی انرژی خود را باید به سرعت مصرف کرده باشد (منظورش از «به سرعت» چند میلیون سال است). سوختش ناگهان ته کشیده، و بدون هیچگونه انرژی که آن را به صورت متورم نگه دارد، ناگاه و به نحوی فاجعه‌آسا می‌رمبد، و در ضمن این رمبش تمام لایه‌های درونی‌اش به بیرون پرتاب می‌شوند. رمبش انرژی فوق‌العاده زیادی را رها می‌کند، اما فقط برای مدتی کوتاه با ستاره‌ی در حال مردن در ظرف یکی دو سال نابود می‌شود.

وقتی همه چیز دوباره به آرامش برگشت، دو چیز باقی می‌ماند: ابری از پسماندها، گاز و غبار، که اکنون آن را «بازمانده‌ی اَبَر نواختر» می‌نامند (سحابی خرچنگ در صورت فلکی ثور نشان می‌دهد که اَبَر نواختر ۱۰۵۲ در کجا رخ نمود)؛ و اخگری از این ستاره‌ی غول‌پیکر، که بر اثر رمبش چنان سخت فشرده و چلانده شده که تا حد یک هسته‌ی اتم چگالیده خواهد شد، گسیل می‌شود. هر فنجانی پر از چنین ماده‌ای

میلیون‌ها تن وزن خواهد داشت؛ چنین جسمی به قطر ۱۰ کیلومتر به سنگینی خورشید خواهد شد. تحت تأثیر چنین گرانش شدیدی، پروتون‌ها و الکترون‌ها به‌هم فشرده می‌شوند و نوترون تشکیل خواهند داد (**۱۹۲۰ رادرفورد**). تسویکی این اجرام آسمانی در این مرحله را «ستارگان نوترونی» نامید. سی سال گذشت تا یکی از آن‌ها کشف شد (**۱۹٦۷ بل و هیوئیش**).

تسویکی چیز دیگری هم برای ما باقی نهاد تا همگی درباره‌اش تأمل و اندیشه کنیم. وی درباره‌ی شیوه‌ی کشیده شدن کهکشان‌ها به سوی یکدیگر از طریق گرانش متقابلشان به مطالعه پرداخت. بنا بر قوانین نیوتون (۱٦۸٦)، آن ربایش بر چگونگی حرکت کهکشان‌ها تأثیر می‌گذارد. با همه‌ی این‌ها، افزوده شدن جرم تمامی ستارگان مرئی و ابرهای گاز ظاهراً کهکشان‌ها را چندان سنگین‌تر نکرد که بر رفتارشان تأثیر گذارد. قسمت اعظم جرم کهکشان‌ها (که بنا بر برآوردهای بعدی ۹۰ درصد از کار درآمد) ظاهراً از بین می‌رود، یعنی به صورت «ماده‌ی تاریک» درآمده که نمی‌توان آن را دید. وی با بررسی چگونگی چرخش کهکشان‌ها به نتیجه‌ی مشابهی رسید. تقریباً ٦۰ سال بعد، با قطعیت دانستیم که حق با وی بوده است (**۱۹۹۲ کوبه [COBE]**).

هیدکی یوکاوا: چه چیزی نیروی قوی را حمل می‌کند؟

۱۹۳۶ اهدای جایزه‌ی نوبل فیزیک سال ۱۹٤۹ به هیدکی یوکاوا نقطه‌ی عطفی در انتشار علم «غربی» به خارج از زادگاهش در اروپا و آمریکای شمالی، به‌شمار آمد. یوکاوا قسمت عمده‌ی دوره‌ی کاری‌اش را در ژاپن سپری کرد، هر چند که بعد از جنگ جهانی دوم به آمریکا مهاجرت کرد. آغاز و مدخل دیگری در همین زمان اتفاق افتاد. یوکاوا ایده‌ی نو و شگفتی را برای توضیح دادن آنچه در قلب ماده اتفاق می‌افتاد، پیش کشید.

این پرسش مطرح شد: اجزای هسته‌ی هر اتم چگونه کنار هم نگه داشته می‌شوند؟ هسته حاوی پروتون‌ها، همگی با بار مثبت، و نوترون‌های بدون بار است. رانش متقابل بین پروتون‌ها باید هر هسته‌ای را به ریزه‌هایی خُرد کند. این اتفاق نیفتاده؛ نیروی کششی (ربایشی) باید آمیزه‌ی پروتون‌ها و نوترون‌ها را، که مجموعاً هسته خوانده شده‌اند، کنار هم نگه دارد.

فیزیکدانان همان موقع برخی جنبه‌های این نیرو را تعیین کرده بودند. این نیرو حدود ۱۰۰ بار قوی‌تر از نیروی الکترومغناطیسی از آب درآمد که بین بارهای الکتریکی

عمل می‌کند، و به همین جهت به آن «نیروی قوی» گفتند. این نیرو فقط بین هسته‌ها عمل می‌کند؛ الکترون‌ها از آن متأثر نمی‌شوند، و فقط در فواصل کوتاه، حدود اندازه‌ی هسته، اثر می‌کند. فراتر از این گستره‌ی کوتاه تأثیری ندارد. دانشمندان بعداً پی بردند که گسستن این نیرو انرژی شکافت هسته‌ای را آزاد می‌کند (**۱۹۳۸**).

یوکاوا برای توضیح این نیرو رویکرد نوظهوری داشت. وی این نیرو را به دو آدم با یک توپ بسکتبال تشبیه کرد. اگر یکی از آن‌ها توپ را به سوی دیگری پرتاب کند آن‌ها از هم دور می‌شوند، اگر قرار باشد هر دو در یک زمان توپ را بگیرند، به هم نزدیک می‌شوند. یوکاوا نظر داد که نیروی قوی مستلزم مبادله‌ی یک ذره‌ی جدید است که وی آن را «مزون» نامید، زیرا به نظر وی جرم این ذره بین جرم یک پروتون و یک الکترون است.

محتمل‌ترین مکان برای یافتن مزون یوکاوا تابش کیهانی (**۱۹۱٤ هس**) است، که این ذره در آنجا ممکن است از انرژی خالص در وجود آید. از این رو پژوهش و جستجویی سازماندهی شد. نامزدی محتمل به زودی در تصویرهای اتاقک ابر نمایان شد (**۱۹۱۲ ویلسون و گایگر**)، اما این ذره آن ذره‌ای نبود که همه دنبالش می‌گشتند. این ذره همان جرم درست را داشت اما به نوکلئون‌ها جذب نمی‌شد، پس نمی‌توانست حامل نیروی قوی باشد. پس از کوتاه زمانی این ذره را «مزون مویامیون» لقب دادند که بیشتر شبیه یک الکترون سنگین بود: کلاً نامنتظره و ظاهراً ناضروری. ایزادور رابی، یکی از فیزیکدانان پیشرو آمریکایی، بنا به گزارش‌ها، با شنیدن خبر این کشف، گفته است «کی دستورش را داد؟»

ذره‌ی یوکاوا، که اکنون «مزون pi یا پیون» نامیده می‌شود، سرانجام در ۱۹٤۷ یافته شد، اما آن موقع دیگر افزایش سریع «ذرات بنیادی» آغاز شده بود. افزون بر پروتون، نوترون و الکترون، پوزیترون (**۱۹۲۸ دیراک**)، نوترینو (**۱۹۳۲ پائولی**) و اکنون دو مزن، ذرات جدید در تابش کیهانی شروع به خودنمایی کردند و، بعد از جنگ، در دستگاه‌های «اتم‌شکن» (**۱۹۵۲ کوسموترون**)، با آهنگی انگیزنده اما معماوار، به میدان آمدند.

«باغ وحش» زیر هسته‌ای بسیار پر سروصدا بود، و چندین قطعه‌ی ماده را در خود جای می‌داد که برخی از آن‌ها صرفاً به مدت کسری از ثانیه دوام می‌آوردند. پرسشی پیش آمد، همان‌گونه که صد سال قبل هم در مورد عناصر مطرح شده بود: چرا تعدادشان تا این حد زیاد است؟ آیا این تعداد حدی هم دارند؟ آیا نظمی بر آن‌ها حاکم است؟ قطعاً چنین بود (**۱۹٦۳**).

هانس کرپس: چرخه‌ی انرژی حیات

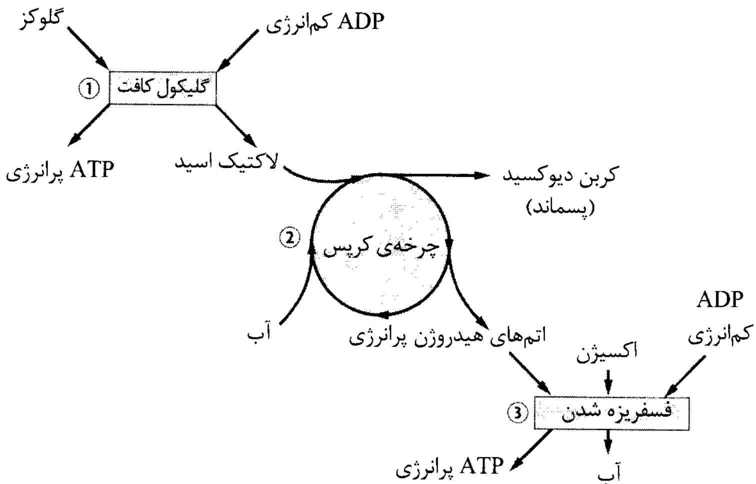
۱۹۳۸ آزمایشگران اولیه مانند جان میو تنفس را، که به آن وسیله جانوران و گیاهان انرژی لازم را برای زندگی و رشد دریافت می‌دارند، به سوختن یک شمع تشبیه می‌کردند. اکسیژن ضروری بود، انرژی آزاد می‌شد، و کربن دیوکسید و آب هم پسماند بودند. تا قرن بیستم دانشمندان نفهمیده بودند که فرایند تنفس واقعاً چقدر پیچیده است. چشمان نسل‌های دانشجویان زیست‌شیمی به نمودارهای سفری کامل، با چندین مرحله و تبدیل‌های چندگانه‌ی ترکیب‌ها، مات مانده بود.

بنابراین دستاورد هانس کرپس، شیمیدانی آلمانی‌تبار که قسمت عمده‌ی عمر کاریش را در انگلستان سپری کرده بود، نه تنها به خاطر تجسم بخشیدن ظرافت‌ها و پیچیدگی‌های این فرایند بلکه از طریق آزمایشگری درخشان برای نمایاندن این که فرایند یاد شده آن طور کار می‌کند که او می‌اندیشیده، بسی عظیم بود. هسته‌ی اصلی فرایند سه جزئی تنفس هنوز هم معمولاً چرخه‌ی کرپس نامیده می‌شود. کرپس یهودی بود و، مانند بسیار یهودیان دیگر، با قدرت‌گیری نازی‌ها از آلمان گریخت. وی به دعوت فردریک گولند هاپکینز، که اشتهار شخصی‌اش عمدتاً ناشی از کارهایش در حوزه‌ی ویتامین‌ها بود (۱۹۰۶) به انگلستان رفت.

چرخه‌ها در طبیعت پدیده‌های عادی‌اند. بسیاری مواد و فرایندها دُوری‌اند، هر چند که الگوهای تغییر و تحول پیچیده‌ای‌اند، در این رهگذر پیچیدگی آن‌ها افزوده و یا از آن‌ها کم می‌شود تا دوباره به نقطه‌ی آغازشان برگردند. آب، کربن و نیتروژن جملگی از چرخه‌ی خاص خود، جزئی از تصویر بزرگ طبیعت، برخوردارند. دستاورد کرپس عبارت بود از یافتن چرخه‌ای درون هر یاخته، چرخه‌ای که انرژی را برای مصرف قابل دسترس می‌کند. دیگران بسیاری از مراحل را در این زنجیره‌ی تغییر و تحول یافته بودند؛ این کرپس بود که دو سر این زنجیر را به هم وصل کرد و یک چرخه از آن ساخت.

نخستین مرحله‌ی استخراج انرژی از گلوکز به اکسیژن نیاز ندارد. این فرایند فقط یک‌سوم انرژی موجود در گلوکز یا سایر منابع انرژی را استخراج می‌کند. مرحله‌ی دوم، مرحله‌ای که کرپس گره‌ی آن را باز کرد و از آن سر درآورد، چرخه‌ای است ناشی از عبور مولکول‌های یک ترکیب (سیتریک اسید، که در لیمو و انواع مرکبات آن را می‌یابیم) از مراحل بسیار است، که تحولات و دگرگونی‌های بسیاری را، در آب، برمی‌انگیزند و کربن دیوکسید و یون‌های هیدروژن خارج می‌کنند (که بعد از مرحله‌ی دیگر از بسته‌های انرژی موسوم به ATP غنی می‌شوند) و مدار را بدون تغییر به پایان

می‌رسانند، و آماده‌ی شروع مجدد می‌شوند. فقط مرحله‌ی سوم این فرایند (فسفریزه شدن) به اکسیژن نیاز دارد. در نمودار زیر جزئیات این فرایند را مشاهده می‌کنید.



این نمودار ممکن است پیچیده به نظر آید، اما نمایی بسیار ساده شده از چگونگی استخراج انرژی از مواد غذایی چون گلوکز است. در مرحله‌ی ۱، گلوکز از گلیکول کافت عبور می‌کند، که در هر جایی ممکن است در یاخته اتفاق افتد و به اکسیژن نیازی نیست. مقداری از انرژی گلوکز در اختیار مولکول‌های «حامل انرژی»، به نام ADP، قرار می‌گیرد که آن را به ATP پر انرژی تبدیل می‌کنند و سپس به هر چیز دیگری که در یاخته اتفاق می‌افتد انرژی می‌رساند.

گلوکز از مرحله‌ی ۱ به صورت لاکتیک (یا پیروویک) اسید ظاهر می‌شود (تجمع همین پسماندهاست که در عضلاتمان احساس خستگی به وجود می‌آورد)، که سوخت مرحله‌ی ۲، چرخه‌ی کربس، را تشکیل می‌دهد. این مرحله (و مرحله‌ی ۳) در میتوکندری‌ها، جایگاه‌های خاص رها شدن انرژی، اتفاق می‌افتد. این چرخه در آب هم اتفاق می‌افتد و کربن دیوکسید (به صورت پسماند) و اتم‌های هیدروژن که انرژی اضافی را حمل می‌کنند، بیرون می‌دهد. در مرحله‌ی ۳، فسفریزه شدن، اتم‌های هیدروژن انرژی اضافی را به مولکول‌های ADP بیشتری می‌رسانند (ATP بسیار بیشتری نسبت به مرحله‌ی اول تولید می‌شود) اما سپس باید با اکسیژن ترکیب شود و آب تولید کند. این واکنش دلیلی بنیادی است برای نیاز ما به اکسیژن برای زنده ماندن.

هانس بته و کارل فون وایتسکر: تنورهایی در دل ستارگان

۱۹۳۸ آرتور ادینگتون، ستاره‌شناس انگلیسی، به روندی پی برد که خورشید و سایر ستارگان را درخشان نگه می‌دارد (**۱۹۲۰**). چهار اتم هیدروژن، فراوان‌ترین عنصر، «همجوشیده یا گداخته می‌شوند» تا یک اتم هلیم تشکیل شود. جرم اتم هلیم اندکی کم‌تر از مجموع جرم چهار اتم هیدروژن است، و جرم از دست رفته در این فرایند (که در مورد خورشید به چهار میلیون تن در هر ثانیه سر می‌زند) به صورت انرژی ظاهر می‌شود.

طرحی که هانس بته‌ی آمریکایی و کارل فون وایتسکر آمریکایی مستقلاً از جزئیات این فرایند ارائه دادند، خیلی با هم فرقی نمی‌کرد. آنان تصویری از دو فرایند به دست دادند. در اولی، که در ستارگان کوچک‌تری چون خورشید ما اتفاق می‌افتد، اتم‌های هیدروژن، و تا حدودی پروتون‌های آن‌ها، یکی یکی به هم افزوده می‌شوند و هسته‌ی هلیمی به جرم سه تشکیل می‌دهند، که تا همین چند سال پیش نمی‌دانستند وجود دارد. اتمهای دو هلیم ۳ با یکدیگر یک اتم هلیم ٤ تشکیل می‌دهند که دو پروتون آزاد می‌کنند تا این فرایند را مجدداً آغاز کنند. این فرایند را گاهی (به طور گیج‌کننده و اشتباه‌انگیزی) «سوختن هیدروژن» می‌نامند، هرچند که هیدروژن عملاً مشتعل نمی‌شود.

فرایند دیگر به دماهای بالاتری نیاز دارد و از این رو فقط در ستارگان بزرگ‌تر پیش می‌آید. این فرایند با یک هسته‌ی کربن آغاز می‌شود، که از درآمیختن سه اتم هلیم تشکیل شده. این فرایند دائماً پروتون‌ها را جمع و هلیم بیشتری تولید و انرژی رها می‌کند، اما عناصر سنگین‌تری چون نیتروژن و اکسیژن هم می‌سازد. این «آشپزی هسته‌ای» تنها راهی است که این عناصر حیاتی در هر جای عالم ساخته می‌شوند. تمامی نیتروژن و اکسیژن موجود در هوا و در بدن ما از چنین تنورهای ستاره‌ای تأمین شده است.

درخلال میلیون‌ها سال، هلیم، «خاکستر» ناشی از این «آتش‌ها»، تشکیل می‌شود و سرانجام این آتش‌ها را خاموش می‌کند. کوتاه زمانی بعد، ستارگان به «سوزاندن» هلیم می‌پردازند. با برقراری پیوند بین اتم‌های هلیم، عناصر باز هم سنگین‌تری درست می‌شوند: کلسیم و فسفر که در استخوان‌های ما یافت می‌شوند، آهن در خونمان، منیزیم در کلروفیل (سبزینه)، سدیم و پتاسیم که سیگنال‌ها را در اعصاب ما ارسال می‌کنند.

$$H^{1}_{1} + H^{1}_{1} \longrightarrow He^{2}_{2} \longrightarrow H^{2}_{1} + \text{الکترون}$$

$$H^{2}_{1} + H^{1}_{1} \longrightarrow He^{3}_{2}$$

$$He^{3}_{2} + He^{3}_{2} \longrightarrow He^{4}_{2} + H^{1}_{1} + H^{1}_{1}$$

این سه معادله فرایند گداخت (همجوشی) هسته‌ای در ستارگان را، که به آن وسیله هیدروژن به هلیم تبدیل و انرژی آزاد می‌شود، جمع‌بندی می‌کند. این فرایند مسلتزم دو ایزوتوپ هیدروژن و سه ایزوتوپ هلیم است، که یکی از آن‌ها از طریق واپاشی بتای پرتوزاست. عدد بالایی در کنار نماد هر عنصر، وزن اتمی (تعداد پروتون‌ها به اضافه‌ی نوترون‌ها) است. عدد پایینی عدد اتمی است (فقط تعداد پروتون‌ها).

فهم چگونگی ایجاد انرژی در ستارگان به توضیح ماجرای حیات آن‌ها و توزیع انواع گوناگون ستارگان، چنان‌که در نمودار هرتسپرونگ ـ راسل نشان داده شده (**۱۹۱۰**)، نیز کمک می‌کند. «سوختن» هیدروژن ستارگان را در قسمت عمده‌ی حیاتشان تغذیه می‌کند، و از این رو ۹۰ درصد ستارگان، از جمله خورشید خودمان، ستارگان رشته‌ی اصلی‌اند. وقتی هلیم ستارگان می‌سوزد، انرژی فراوان جدیدی درون آن آزاد می‌شود؛ این ستاره ورم می‌کند، و شاید ۱۰۰ بار بزرگ‌تر می‌شود، و در نتیجه سطح آن سرد و رنگش سرخ‌تر می‌شود. این ستاره در این حالت یک غول سرخ است. این مرحله از حیات ستاره دیری نمی‌پاید (البته در مقیاس‌های نجومی)، از این رو غول‌های سرخ نسبتاً نادرند. مقدار زیادی از این ستارگان ناپایدارند و درخشندگی‌شان نوسانی است و افت و خیز دارد. برخی از آن‌ها به متغیرهای قیفاووسی تبدیل می‌شوند که در فهم ما از جهان هستی بزرگ‌تر بسی مهم و تأثیرگذار بوده‌اند (**۱۹۱۲ لِویت**).

میلیاردها سال بعد، خورشید ما از این مرحله‌ی تغییر حیات عبور خواهد کرد، و در روند این تغییر کره‌ی زمین را خواهد بلعید. از این رو، زندگی و مرگ در چرخه‌های حیات ستارگان در هم تنیده می‌شوند. فرایندی که سنگ بناهای گیاهان و سیارات و آدمی را فراهم آورده، می‌توانند آن‌ها را نابود هم بکنند. همین که سوخت هلیم هم ته بکشد، آتش مرکزی به پایان می‌رسد و گرمای باقی‌مانده به داخل فضا تراوش خواهد کرد. ستاره به عنوان یک کوتوله‌ی سفید به پایان حیات خود می‌رسد.

بته و فون وایتسکر سالیان درازی را در پیگیری کشف خود در دو سوی

متخاصم جنگ جهانی دوم سپری کردند، و روی برنامه‌های کشور خود برای ساختن جنگ‌افزارهای هسته‌ای کار کردند.

آسان شدن کارها به همت جمع: کشف شکافت هسته‌ای

۱۹۳۸ با ملاک پیامدهای سیاسی و نظامی، هیچ کدام از کشف‌های قرن بیستم به پای شکافت هسته‌ای نمی‌رسد. فیزیکدانان به مدت چهل سال کار کرده بودند تا پرتوزایی (۱۸۹۶) و انرژی‌ای را که از اعماق اتم آزاد می‌کند، بفهمند. در پایان دهه‌ی ۱۹۳۰ در نزد بعضی افراد آزاد شدن انفجاری و تخریبی این انرژی، به صورت بمب، محتمل و ممکن به نظر می‌رسید. اگر چنین فوران‌های انرژی را می‌شد کنترل و مهار کرد، چشم‌انداز منبع انرژی تقریباً پایان‌ناپذیری برای مقاصد صلح‌آمیز هم وجود داشت. مشهور است که ارنست رادرفوردِ نامی چنین اندیشه‌ای را «یاوه و مهملات» خوانده بود، اما شواهد داشتند عکس آن را نشان می‌دادند.

آزمایش‌های مربوط به این امر به سال ۱۹۳٤ برمی‌گردد. نوترون بدون بار نویافته (**۱۹۳۲ آزمایشگاه کاوندیش**) به کاوشگر مطلوبی برای فیزیکدانان هسته‌ای تبدیل شده بود، که هسته‌ی واقع در قلب هر اتم را می‌کاویدند. انریکو فرمی، فیزیکدان ایتالیایی، تیمی را هدایت می‌کرد که نوترون‌ها را به داخل اورانیم، سنگین‌ترین عنصر شناخته شده می‌فرستادند و تلاش می‌کردند اتم‌ها را وادار به بلعیدن نوترون‌ها کنند و عناصر حتی سنگین‌تری را بسازند که در طبیعت یافت نمی‌شدند. به نظر می‌رسید آنان موفق شدند.

وقتی اوتو هان و فرانتس اشتراسمن/ اشتراسمان، دانشمندان آلمانی، در اواخر سال ۱۹۳۸ این آزمایش‌ها را تکرار کردند، نتایج حیرت‌انگیز از کار درآمد. تجزیه‌های شیمیایی نشان داد که به جای عناصر جدید، عناصر آشنایی تولید شدند، عناصری چون باریم که از اورانیم بسیار سنگین‌تر است.

لیزه مایتنرِ اتریشی و دایی‌اش اتو فریش به آنچه اتفاق افتاد پی بردند. نوترون‌ها، به نحوی کاملاً نامنتظره، هسته‌ی اورانیم را به دو بخش شکافته بودند، و انرژی‌ای آزاد شده بود که هسته‌ی بزرگ‌تر را کنار یکدیگر نگه می‌داشت. انرژی حاصل، در مقایسه با واکنش شیمیایی، مانند دینامیت، عظیم بود. این «شکافت» هسته‌ای چشم‌انداز نیروی هسته‌ای را گشود.

یافته‌ها منتشر شدند؛ فیزیکدانان سرتاسر جهان برای تأیید این یافته‌ها دست به کار

شدند. در اوایل ۱۹۳۹، فردریک و ایرن ژولیو کوری در پاریس ــ ایرن دختر ماری و پی‌یر کوری بود (۱۸۹۸) ــ چیز بسیار مهمی به این یافته‌ها افزودند: هر شکافتی چندین نوترون آزاد می‌کند. تحت شرایط مطلوب، هر یک از این نوترون‌ها می‌توانند هسته‌ی اورانیم دیگری را بشکافند، و نوترون‌های بیشتری آزاد کنند. از این رو یک واکنش زنجیره‌ای خودنگه‌دار میسر می‌شد، هر چند که لزوماً انفجاری نبود. این انرژی باید چندان سریع آزاد شود که کتری را جوش آورد اما نه ضرورتاً آنقدر سریع که شهری را نابود و منهدم کند.

> *هرچه طبیعت برای آدمی اندوخته است، هرچقدر هم که ممکن است ناخوشایند باشد، انسان‌ها باید پذیرایش باشند، زیرا نادانی هرگز بهتر از دانایی نیست.*
>
> انریکو فرمی

در اواخر سال ۱۹۳۹ که جنگ آغاز شد، فریش که یهودی بود، به بریتانیا گریخت. فریش، در آزمایشگاه بیرمنگام که مارک اولیفانت استرالیایی راه‌اندازی کرده بود، با همکاری رودولف پایرلزِ مهاجر روی یک قرارداد محرمانه به کار پرداخت. اورانیم دو ایزوتوپ دارد: U_{235} نادر و U_{238} فراوان (۱۹۰۷). تحقیقات نشان داده‌اند که نوترون‌ها فقط U_{235} را می‌شکافند. برای ساختن «بمب اتمی»، بنا بر آن قرارداد، اورانیم باید فراوری («غنی‌سازی») می‌شد تا مقدار U_{235} بسیار افزایش یابد. پنج سال بعد این کشف به انهدام شهر ژاپنی هیروشیما در نخستین حمله‌ی اتمی تاریخ، انجامید.

پانوشتی کنجکاوی‌برانگیز برای همه‌ی این ماجراها وجود دارد. در سال ۱۹۳٤ ایدا نوداک، شیمیدان مجار، تردیدهایی را درباره‌ی عناصر سنگین جدیدی ابراز داشته بود که فرمی مدعی شد آن‌ها را ساخته است. وی به این فکر افتاده بود که ممکن است نوترون‌ها هسته‌های اورانیم را به چند جزء بشکافند. وی این ایده را در آزمایشگاه امتحان نکرد، هیچکس دیگری هم این کار را نکرد. این ایده در حکم نظری ناموجه به فراموشی سپرده شد. به این ترتیب شکافت هسته‌ای پنج سال پیش از آغاز جنگ دوم می‌توانسته کشف شده باشد، نه در آخرین لحظه. در آن صورت مسیر تاریخ بسی متفاوت می‌شد.

$$U^{۲۳۵}_{۹۲} + n^{۱}_{۰} \longrightarrow St^{۹۰}_{۳۸} + Te^{۱۴۴}_{۵۲} + Zn^{۱}_{۰}$$

$$U^{۲۳۸}_{۹۲} + n^{۱}_{۰} \longrightarrow Pu^{۲۳۹}_{۹۴}$$

اورانیمی که در طبیعت یافت می‌شود (عنصر ۹۲) آمیزه‌ای از دو ایزوتوپ است. قسمت اعظم آن را $U_{۲۳۸}$ تشکیل می‌دهد و کم‌تر از یک درصد $U_{۲۳۵}$ است. رفتار این ایزوتوپ‌ها وقتی نوترون جذب می‌کنند متفاوت است. $U_{۲۳۵}$ به دو قسمت مساوی شکافته می‌شود (تحت «شکافت» قرار می‌گیرد). برای این‌که این اتفاق بتواند بیفتد چندین راه وجود دارد؛ در این مثال، یکی از «قطعه‌های شکافت» عبارت است از استرونسیم ۹۰ شدیداً پرتوزا، یکی از مؤلفه‌های خطرناک «فروریزه‌ی» هسته‌ای. شکافت همچنین دو نوترون جدید را آزاد می‌کند، که قادرند اتم‌های $U_{۲۳۵}$ دیگر را بشکافند و واکنش زنجیره‌ای را آغاز کنند. $U_{۲۳۵}$ نوترون را می‌بلعد و به یکی از ایزوتوپ‌های پلوتونیم (عنصر ۹٤) تبدیل می‌شود. این روند همواره در رآکتورهای هسته‌ای جاری است. پلوتونیم، مانند $U_{۲۳۵}$، می‌تواند به وسیله‌ی نوترون‌ها شکافته شود، و به این ترتیب می‌تواند یکی از چشمه‌های نیروی هسته‌ای، هم صلح‌آمیز و هم جنگ‌افزاری باشد.

در سال‌های اولیه‌ی جنگ، پژوهشگران در ایالات متحده‌ی آمریکا تأیید کردند که در روشی که فرمی و گروهش در سال ۱۹۳٤ پیشگامش بوده‌اند عناصر سنگین می‌توانسته به وجود آیند. یکی از این عناصر (عنصر نود و چهارم) پلوتونیم نامیده شد؛ معلوم شد که این عنصر نیز هنگامی که با نوترون‌ها بمباران شود شکافته می‌شود و از این رو عنصر انفجاری هسته‌ای دیگری به‌شمار می‌آمد. در بمب اتمی که در آگست سال ۱۹٤۵ بر فراز ناکازاکی فرو انداختند، پلوتونیم مصرف شد. شاید مقتضی بود که نخستین رآکتور هسته‌ای تاریخ، که ساخته شد تا اثبات کند پلوتونیم می‌تواند در مقادیر چشمگیری تولید شود، در دسامبر ۱۹٤۲ تحت هدایت انریکو فرمی در شیکاگو راه‌اندازی شود. وی نیز مانند بسیاری از دانشمندان یهودی، اروپا را به خاطر گریز از آزار و شکنجه ترک کرده بود.

کارل فون فریش: زبان زنبورهای عسل

۱۹۴۰ ارتباط برای آدمی بسیار مهم است، چندان که دلمان می‌خواهد گمان کنیم تنها مخلوقاتی هستیم که این کار را با هر پیچیدگی عینی و واقعی انجام می‌دهیم. سگ پارس می‌کند و پرنده می‌خواند، اما چقدر اطلاعات منتقل می‌شود؟

کارل فون فریش تمام توجه خود را روی زنبورهای عسل متمرکز کرد. زنبورهای عسل، به عنوان حشرات اجتماعی، به ارتباط‌های سطح بالایی نیاز دارند، بخصوص وقتی نوبت همکاری و تعاون برای یافتن و گردآوری خوراک فرا می‌رسد. فریش پی برد که آنان با رقصیدن با هم ارتباط برقرار می‌کنند.

زنبورهای عسل دو نوع رقص دارند. «رقص همه‌جانبه» وقتی انجام می‌شود که جستجوگران غذا را در محدوده‌ی ۷۵ متری یافته‌اند. «رقص تکان دادن دم» پیچیده‌تر به معنای فاصله‌ی بیشتر تا غذاست. زنبورها در وجه عمودی شانه به خط مستقیم حرکت می‌کنند، شکمشان را می‌جنبانند، پیش از آن‌که به عقب برگردند و دوباره شروع کنند. این رقص پر از معناست. سرعت آن به فاصله‌ی منبع خوراک دلالت می‌کند (سرعت کم‌تر به معنای فاصله‌ی بیشتر است)؛ خطِ رقص جهت را مشخص می‌کند.

هوشمندی و پیچیدگی چشمگیر در اینجا وجود دارد. جهت همواره نسبت به موضع خورشید تعیین می‌شود. خط رقصی عمودی به سوی بالا به معنای این است که خوراک در جهت خورشید قرار دارد. برای خوراکی که در جهت‌های دیگر واقع است، رقص‌های ارتباطی زنبور در زاویه‌ای بینابین صورت می‌گیرد. از آنجا که موضع خورشید در آسمان در طی روز تغییر می‌کند، زنبورها از ساعت‌های (شبانه‌روزی) درونی‌شان برای تصحیح مقتضی جهت سود می‌جویند. فرض کنید آسمان پوشیده از ابر باشد: فریش در سال ۱۹۴۹ پی برد که زنبورهای عسل می‌توانند از امکان بالقوه‌ی خود برای آشکارسازی نور قطبیده به منظور یافتن خورشید پنهان سود جویند.

فریش مشاهدات خود را، که در سال ۱۹۴۰ اعلام کرد، با قرار دادن غذا در فواصل مختلف و در جهت‌های مختلف نسبت به کندو و نظاره‌ی چگونگی تأثیر این‌ها بر رقص، تأیید کرد. خیلی پیش‌تر، وی پی برده بود که زنبورهای عسل می‌توانند رنگ‌ها را از هم تمیز دهند، و حس بویایی تکامل یافته‌ای دارند، هرچند که حس چشایی آن‌ها به پیشرفتگی این حس در ما انسان‌ها نیست. حتی پیش‌تر از آن، در حالی که فریش هنوز در دهه‌ی بیست عمرش بود، پی برده بود که ماهیان می‌توانند رنگ‌ها و درخشندگی نور را تمیز دهند و قدرت شنوایی و توانایی تمیزگذاری‌شان بین صوت‌ها، از ما دقیق‌تر است.

فریش به اتفاق دو پژوهشگر دیگر، نیکولاس تینبرگن هلندی و کنراد لورنس اتریشی، که در خصوص رفتار پرندگان و ماهیان مطالعه کرده، و به فهم خاستگاه‌های سازماندهی اجتماعی کمک کرده بودند، جایزه‌ی نوبل پزشکی یا فیزیولوژی را دریافت کرد. یافته‌های آن دو تن بر رفتار پستانداران، از جمله آدمی، پرتو افکند.

ماکس دلبروک و سالوادور لوریا: انتخاب طبیعی در کار

۱۹۴۳ اختراع میکروسکوپ الکترونی در دهه‌ی ۱۹۳۰ زیست‌شناسی را با چنان ژرفایی دگرگون کرد که میکروسکوپ‌های اولیه‌ی قرن هفدهم، این کار را کرده بودند (**۱۶۷۳**). به جای نور، باریکه‌های الکترون را به کمک عدسی‌های ساخته شده از میدان‌های مغناطیسی کانونی می‌کردند. می‌توانستند اشیاء را چندین هزار بار بزرگ کنند. در اینجا نیز، تراز جدید کاملی از طبیعت ناگهان در برابر دیدگان رخ نمود. از ویروس‌ها، که از سال **۱۸۹۸** به وجودشان باور شده بود اما آن‌ها را ندیده بودند، اکنون می‌توانستند عکس بگیرند و آن‌ها را بکاوند؛ بسیاری از آن‌ها شبیه بلور به نظر می‌رسیدند.

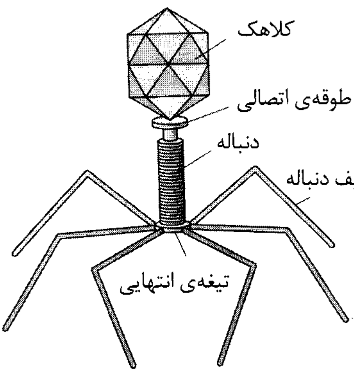
باکتری‌خوارها، ویروس‌هایی که فقط باکتری‌ها را عفونی می‌کردند، و وجودشان نخستین بار در حدود ۱۹۱۵ بدیهی پنداشته شده بود، حتی چشمگیرتر بودند. فلیکس دِرِل، زیست‌شناس فرانسوی- کانادایی، حتی پیش از این‌که یکی از آن‌ها را هم دیده باشد، چون «باکتری می‌خوردند»، به آن‌ها این نام را داده بود. بعضی از آن‌ها در زیر میکروسکوپ الکترونی شبیه سفینه‌ی فضایی بیگانگان یا سوزن‌های سرنگ به نظر می‌رسیدند، که قادر بودند روی پوست خارجی باکتری بنشینند و ظاهراً ماده‌ای ژنتیکی تزریق کنند که باکتری را مجبور می‌کرد پیش از کشته شدن به دست این ویروس، نسخه‌های زیادی از آن را تکثیر کند.

ماکس دلبروک فیزیک خواند اما به زیست‌شناسی و ژنتیک علاقمند شد و بعد هم از آلمان به ایالات متحده‌ی آمریکا مهاجرت کرد. باکتری‌خوارها به این علت توجه او را به خود فرا خواندند که به نظر می‌رسید ساده‌ترین سیستم ژنتیکی ممکن باشند؛ فیزیکدانان غالباً دوست دارند همه چیز را تا مبنا و شالوده خالص‌شان برهنه کنند که عملکردشان را بفهمند. دلبروک پس از یک همایش در حوزه‌ی فیزیک در سال ۱۹٤۱، با سالوادور لوریای آمریکایی بنای یک همکاری را گذاشت، و این دو یک «گروه مطالعه‌ی باکتری‌خوار» تشکیل دادند تا پی ببرند این ساختارهای «زنده اما غیر زنده» چگونه کار می‌کنند.

یکی از یافته‌های اولیه‌ی آن‌ها موضوعی کلیدی را در ژنتیک روشن کرد. باکتری‌ها چگونه در مقابل نیروهایی چون باکتری‌خوارها یا آنتی‌بیوتیک‌های جدیدی که آن‌ها را می‌کشند مقاوم می‌شوند؟ آیا به نحوی سازگار می‌شوند و باقی می‌مانند؟ یا فقط شانس و اقبال یاری‌شان می‌کند: آن‌هایی که دفاع مناسب دارند در همان آغاز از این مانع عبور می‌کنند و بقیه می‌میرند؟

دلبروک و لوریا باکتری‌ها را روی یک تیغه‌ی مواد شیمیایی مغذی رشد دادند، و سپس آن‌ها را با یک باکتری‌خوار آلوده و عفونی کردند. این تیغه، که در ابتدا به علت باکتری‌های در حال رشد دودی‌رنگ بود، در ظرف چند ساعت که باکتری‌ها مردند، روشن و شفاف شد. اما چند ساعت بعد، تیغه دوباره دودی و کدر شد.

معلوم شد که چند باکتری «برای بقا سازگار شده‌اند»؛ در برابر حمله‌ی باکتری‌خوارها مصونیت یافته و بنابراین رشد کرده و شکوفا شده‌اند. این روند عبارت بود از انتخاب طبیعی به شیوه‌ی آرای چارلز داروین (۱۸۵۹)، که جهش‌های ژنتیکی تصادفی و کاتوره‌ای حاصل از «مهارت زنده ماندن»، نیروی آن را تأمین می‌کرد، و نه رفتار اکتسابی که بنا بر نظر ژان لامارک (۱۸۰۹)، باید از نسلی به نسل دیگر انتقال یابد.



موجود زنده با نمای خارق‌العاده، که موجودی بیگانه یا سفینه‌ی نیرو پیاده‌کن را شبیه‌سازی می‌کند، یک باکتری‌خوار است. ویروسی که باکتری‌ها را آلوده و عفونی می‌کند. کلاهک پر از DNA (یا RNA) می‌شود. دنباله بیشتر شبیه به یک سرنگ عمل می‌کند، که ماده‌ی ژنتیکی را از ویروس به داخل اندام باکتری تزریق می‌کند. ویروس DNA یا RNA فرماندهی ماشین ویتامین‌ساز باکتری‌ها را به دست می‌گیرد، که ناگزیر می‌شود نسخه‌های فراوانی از ویروس را پیش از مردنش بسازد.

جورج بیل و ادوارد تاتوم: «یک ژن، یک آنزیم»

۱۹۴۳

نقطه‌ی آغاز زیست‌فناوری نوین نان کپک‌زده بود. تولید نان، شراب، آبجو، پنیر، ماست، و «انواع کالباس و سوسیس» جملگی «زیست‌فناوری» سنتی به‌شمار می‌آیند. لویی پاستور (۱۸۵٦) پی برد که مخمرها و باکتری‌ها سبب تغییرات در این غذاها می‌شوند، که این تغییرات را کلاً «تخمیر» می‌گویند؛ بنابراین می‌توانند انرژی مورد نیاز برای زنده ماندن و رشد را دریافت کنند. علم قرن بیستم جزئیات بسیار زیادی را به معلومات ما در همه‌ی این موارد افزوده، و از این رو می‌توانیم شکل‌های جدید زیست‌فناوری را ایجاد کنیم.

مدرک و شاهد مهم را شیمیدانان آمریکایی، جورج بیل و ادوارد تاتوم، ارائه کردند.

آنان کار خود را از طریق برگزیدن موجودی بسیار پایه‌ای که با آن کار کنند، یک کپک قرمز نان به نام *نئوروسپورا*، ساده کردند. بیل از همکاری با توماس هانت مورگان و پشه‌های میوه‌اش (۱۹۱۱)، یاد گرفته بود که حتی مشخصه‌های ساده‌ای چون رنگ چشم به رشته‌ای طولانی از واکنش‌های شیمیایی وابسته‌اند که به نحوی تحت کنترل ژن‌ها، واحدهای وراثت هستند. وی همچنین می‌دانست که شیوه‌ی عملکرد ژن‌ها می‌تواند با قرار گرفتن پشه‌های میوه در معرض پرتوهای ایکس تغییر کند، که سبب جهش در ژن‌ها می‌شود (۱۹۲۶).

تاتوم همه چیز را درباره‌ی رشد دادن و مطالعه‌ی کپک‌های نان می‌دانست. وی و بیل شروع به تاباندن پرتوهای ایکس بر کپک کردند؛ که بعضی از کپک‌ها ساختن مواد شیمیایی معینی را که برای بقا به آن‌ها نیاز داشتند متوقف کردند، گویی واکنش‌های شیمیایی خاصی حذف و تعطیل شده‌اند. اکنون دیگر به خوبی جا افتاده بود که تمام واکنش‌های شیمیایی در موجودات زنده به یک یا چند آنزیم نیاز داشت تا واکنش را کاتالیز کنند (سرعت ببخشند). بیل و تاتوم استدلال کردند که جهش‌های ژنتیکی ساخته شدن برخی آنزیم‌ها را متوقف کرده‌اند. این به آن معنی بود که هر ژن باید تولید آنزیم خاصی را تحت کنترل درآورد. یک ژن، یک آنزیم.

با کمی تعمیم موضوع (به اتکای پژوهش‌های بیشتر)، تمام آنزیم‌ها پروتئین‌اند، از این رو هر ژن در کپک نان ساختن پروتئینی خاص را، از جمله پروتئینی که کپک از آن ساخته می‌شود، کنترل می‌کند. این معنا ظاهراً در مورد تمام موجودات زنده صادق است. هر چند جزئیات تغییر می‌کنند، اکنون می‌توان گفت که ژن‌ها تأثیرشان را از طریق کنترل کردن چگونگی ساخته شدن صدها پروتئین مختلف وارد می‌آورند. جهش‌های ژنتیکی از این امر جلوگیری می‌کنند، شاید از طریق تهیه‌ی دستورالعمل‌هایی برای ساختن پروتئین‌ها.

اکنون فقط باید به یک پرسش پاسخ می‌دادند. ژن‌ها واقعاً چگونه کنترل می‌کنند که پروتئین‌ها چگونه ساخته شوند؟ پاسخی به این پرسش قریب‌الوقوع بود (**۱۹۵۳ واتسون و کریک**).

رابرت وودوارد: مواد شیمیایی کمپلکس از نشاسته

۱۹۴۴ هیچ چیزی نمی‌تواند روشن کند که علم شیمی از روزگار آنتوان لاووازیه (۱۷۸۹) یا فریدریش وولر (۱۸۲۸) تا توانایی شیمیدان‌های نیمه‌ی قرن

بیستم برای ساخت ترکیب‌های کمپلکس با صدها اتم از ابعاد خیلی ساده‌ای چون آب، کربن دیوکسید یا آمونیاک، چه راه درازی را پیموده است. سنتزهای شیمیایی به علم بسیار پیچیده‌ای تبدیل شده بودند. با همه‌ی این احوال جایزه‌ی نوبل (**۱۹٦۵ شیمی**) برای مرد بلندمرتبه‌ی این حوزه، رابرت وودوارد، از سهم وی در «هنر» سنتزهای شیمیایی سخن می‌گفت.

شاید این امر دلالت بر آن می‌کرد که تصمیم‌گیری شود تعقیب کردن کدامیک از بسیار مسیرها در ساختن چیزی پیچیده از چیزی ساده مستلزم قدرت تخیلی است بیشتر شبیه به نقاشی یا معماری و یا دستکاری طاقت‌فرسای لوله‌های آزمایش و مواد شیمیایی. اما جهش‌ها و خیزش‌های ناگهانی اندیشه ــ درخشش‌های بصیرت، «لحظه‌های یافتن» ــ همیشه در علم مهم‌اند. این امر آن بزنگاه‌ها را از طریق گردآوری روش‌مند شواهد توجیه می‌کند که کار شاق در علم را می‌طلبد، آن گونه که مدافعان در صدد اثبات درستی آن‌ها (یا دست‌کم اشتباه نبودنشان) هستند.

وودوارد آشکارا تخیل را با پشتکار و تلاش در هم آمیخت. وی که از والدینی اسکاتلندی در آمریکا به دنیا آمده بود (اسم کوچکش رابرت برنز بود)، زمانی را صرف تجزیه و نیز سنتز کردن، و تجزیه‌ی مواد شیمیایی کمپلکس کرد تا پی ببرد آن‌ها چگونه با هم ترکیب می‌شوند و چه چیزی را تشکیل می‌دهند. این‌ها عمدتاً محصولات طبیعی استخراج شده از گیاهان یا سایر موجودات زنده، مانند بسیاری داروهای گیاهی طی قرن‌ها بودند. یکی از نخستین دستاوردهایش نخستین ساختار برای پنی‌سیلین بود که از یک کپک استخراج کرد (**۱۹۲۸ فلمینگ**)؛ از جمله سایر دستاوردهایش می‌توان سم استریکنین و آنتی‌بیوتیک‌های ترامایسین و اورِماسین را برشمرد.

همین‌که به محتوا و معماری یک ترکیب پی بردند، می‌توانستند دست‌کم در عالم نظریه، آن را از اجزای ساده‌اش بسازند. نخستین پیروزی وودوارد با کنین (گنه کنه) در سال ۱۹٤٤ بود. تلاش برای ساختن گنه گنه از قطران ذغال سنگ جرقه‌ی انفجار شیمی آلی را در قرن نوزدهم زده بود (**۱۸۵٦**). این سیاهه از آن پس مشتمل است بر: کلسترول، چربی خون انسان؛ هورمون کورتیزون؛ لیسرژیک اسید، منبع ال‌اس‌دی توهم‌زا؛ کلروفیل (سبزینه)، رنگدانه‌ی گیاه سبز؛ و آنتی‌بیوتیک تتراسیکلین. او در سال ۱۹۷۱ ویتامین B_{12} را ساخت (سنتز کرد)، مولکولی بسیار پیچیده و مستلزم ۱۰۰ مرحله‌ی جداگانه. نمی‌شد این کار را انجام داد مگر این‌که دقیقاً دانسته شود که چکار باید کرد.

در پی وودوارد، دیگر دلیلی وجود نداشت که هر ماده‌ی شیمیایی آلی، همین‌که تجزیه شد، نتوان آن را ساخت، که از جمله‌ی آن‌ها پروتئین‌ها، بنای اساسی وراثت، را می‌توان یاد کرد. اما هنوز هم باید راه‌هایی پیموده می‌شد.

ادوین چارگاف: یافتن قواعدی برای DNA

۱۹۵۰ در خلال دهه‌های میانی قرن بیستم، ژنتیک‌دانان کماکان به راز و رمز وراثت نزدیک‌تر شدند. کارهای آزولد ایوری و همکارانش (و پیش از آن فردریک گریفیتس) روی «عامل انتقال» (۱۹۲۸) تردیدی باقی نگذاشته بود که اطلاعات وراثتی، مانند نقشه‌های رمزدار برای ساختن پروتئین‌ها، به وسیله‌ی موادی شیمیایی به نام نوکلئیک اسیدها حمل و منتقل می‌شوند.

پژوهشگران می‌دانستند که در یاخته‌ها دو نوکلئیک اسید یافت می‌شود. یکی که آن را DNA (دیوکسی ریبوز نوکلئیک اسید)، دیگری RNA (ریبوز نوکلئیک اسید) نامیدند. DNA در هسته‌ی یاخته فعال است، که در آنجا اکثر کروموزوم‌ها را می‌سازد (۱۸۶۹). به نظر می‌رسد RNA بیشتر در بقیه‌ی یاخته فعال است. اگر جزء ریبوز DNA و RNA (که عمدتاً نوعی قند شامل فسفر است) زدوده و از میان برداشته می‌شد، آنچه که باقی می‌ماند عمدتاً از چهار ماده‌ی شیمیایی (ملقب به بازها) ساخته شده از نیتروژن، کربن و اکسیژن تشکیل می‌شد. این چهار ماده عبارت‌اند از آدنین، تیمین، گوانین و سیتوزین ــ که به اختصار آن‌ها را A، T، G و C می‌گویند.

ادوین چارگاف اتریشی‌تبار در دهه‌ی ۱۹۳۰ به ایالات متحده مهاجرت کرده بود. وی پس از تجزیه‌ی پر زحمت و طاقت‌شکن DNA از موجودات بسیار، چیز بسیار شگفتی را یافت که اکنون قانون چارگاف گفته می‌شود. هرچند که مقادیر نسبی این چهار ماده‌ی شیمیایی از یک گیاه یا جانور یا ویروس، به دیگری فرق می‌کند، کمیت A و T همیشه یکسان‌اند، در حالی که مقادیر C و G هم یکسان هستند. به این ترتیب به نظر می‌رسید که A و T همیشه با هم یافت می‌شوند ــ و نیز C و G. هر کسی بخواهد از ساختار DNA و RNA سر درآورد باید این موضوع را در نظر داشته باشد و روی آن حساب کند. اکنون هدف یافتن یک ساختار بود، زیرا باید نشان می‌داد که DNA عملاً چگونه اطلاعات ژنتیکی را رمزگشایی می‌کند.

بعدالتحریر: اگر تردید کمرنگی در این باب وجود داشت که نوکلئیک اسیدها، و نه پروتئین‌ها، حاملان اطلاعات ژنتیکی‌اند، کارهای آلفرد هرشی و مارتا چیس آمریکایی

در سال ۱۹۵۲ آن را رفع کرد. آنان اتم‌های پرتوزا را هم به پروتئین‌ها و هم نوکلئیک اسیدها در ویروس‌های عفونی‌ساز باکتری‌ها، ملقب به باکتری‌خوارها (**۱۹۴۳ دلبروک و لوریا**)، وصل کردند. فقط پرتوزایی متصل به نوکلئیک اسیدها (و نه متصل به پروتئین‌ها) راهشان به یاخته‌ی عفونی شده ختم شد و به این ترتیب در ویروس‌های جدید ادغام شد.

علم به نحو حیرت‌انگیزی به پاسخ به پرسش «چرا؟» مجهز شده است، اما همین علم وقتی می‌پرسید «چرا؟» به نحو ترس‌آوری پریشان و مبهم می‌شود.

اروین چارگاف

فرد ویپل و یان اورت: حقیقت دنباله‌دارها

۱۹۵۰

طی قرن‌ها، تلسکوپ‌ها آشکار کرده بودند که زمین و سایر سیارات همراه با هم خورشید را دور می‌زنند. دنباله‌دارها، با سر نورانی و دم ریش‌ریش‌شان، از زمان‌های باستان شناخته شده بودند، و ادموند هالی آن‌ها را تحت همان قوانین حاکم بر سیارات درآورده بود (**۱۷۰۵**). از (**۱۸۰۱ پیاتسا**) تعداد رو به تزایدی از سیارک‌ها، که کوچک‌تر از آن بودند که بیشتر از نقطه‌هایی نورانی تلقی شوند، در نزدیکی‌های بین مریخ و مشتری یافته شدند. مدارهای سیارکی تقریباً دایره‌ای‌اند، اما دنباله‌دارها در مسیرهای کشیده‌ای سیر می‌کنند که آن‌ها را به طور متناوب نزدیک به خورشید و دور از آن در نواحی بسیار سردتر بین سیارات می‌برد.

فرد ویپل، ستاره‌شناس آمریکایی، نخستین کسی بود که وجه تمایز دیگری را بین سیارَک‌ها و دنباله‌دارها تشخیص داد: جنسی که آن‌ها از آن ساخته شده بودند. وی می‌گفت سیارک‌ها اساساً سنگی‌اند. دنباله‌دارها «گلوله‌های برفی کور»ند ــ قطعه‌های غبار و سنگ که گازهای یخ‌زده‌ای چون آب و کربن دیوکسید آن‌ها را کنار هم نگه داشته‌اند.

وی بنای ایده‌ی خود را بر بررسی‌های دنباله‌دار اِنکه استوار کرد، که هر سه سال یک بار ظهور می‌کند (**۱۸۲۲**). وقتی دنباله‌داری به خورشید نزدیک می‌شود، مقداری از یخ آن ذوب می‌شود، سپس به جوش می‌آید، ابری از غبار رها می‌کند که

نور خورشید را به دام می‌اندازد و حالت ظاهری «ستاره‌ی پشمالو» را به آن می‌دهد. تکه‌های سنگ به طور همزمان رها می‌شوند، که بعداً به صورت رگبارهای شهابی به سوی زمین کشیده می‌شوند. این مدل در نخستین آزمون بزرگش به خوبی از پس مطالعات دقیق برآمد ــ مطالعه‌ی دقیق دنباله‌دار هالی به وسیله‌ی جوتّو و سفینه‌ی فضایی دیگری، وقتی در سال ۱۹۸٦ نزدیک آمد.

مسئله‌ای پیش می‌آید: اگر هر بار که دنباله‌دار از نزدیکی خورشید می‌گذرد مقداری از محتویات آن به جوش آید، چندان دوامی نمی‌آورد و پس از چندین عبور تبخیر می‌شود و چیزی از آن باقی نمی‌ماند. حتی دنباله‌دار عظیمی چون دنباله‌دار هالی باید کم‌تر از یکصد هزار سال عمر داشته باشد. بر پایه‌ی این استدلال، دیگر نباید دنباله‌داری باقی مانده باشد. یان اورت، ستاره‌شناس هلندی، در مقام پاسخ به این مسئله ابر اورت را پیشنهاد کرد، ذخیره‌ی عظیمی از دنباله‌دارها در لبه‌ی خارجی منظومه‌ی شمسی، احتمالاً به فاصله‌ی یک سال نوری از خورشید. در آنجا، چندین میلیون یا حتی میلیاردها دنباله‌دار منظومه‌ی شمسی را در نور ضعیف یخ‌زده و منجمدی دور می‌زنند.

گاهگاهی چیزی این سکوت و رکود را به هم می‌زند، شاید نزدیک‌تر شدن ستاره‌ای دیگر. برخی گلوله‌های برفی به خارج از مدار می‌روند و شروع به فرو افتادن به سوی خورشید دوردست می‌کنند. این‌ها به دنباله‌دارهایی تبدیل می‌شوند که آن‌ها را می‌شناسیم، در حالی که سنگ‌ها را دوباره فراهم می‌آورند. آن‌ها پرتابه‌هایی هم هستند، که گاهی به خورشید یا حتی یکی از سیارات برخورد می‌کنند (**۱۷۹٦ لاپلاس**). چنین دنباله‌داری در سال ۱۹۰۸ به جوّ زمین بر فراز سیبری وارد شد و ۱۰ هزار کیلومتر مربع جنگل را سوزانید و از بین برد. برخوردهای بزرگ‌تر، آسیب‌های دامنه‌دارتری به بار خواهند آورد.

نبرد بر سر مهبانگ/ انفجار بزرگ

۱۹۵۰ کشف ادوین هابل (**۱۹۲۹**) از این قرار که جهان هستی در حال انبساط است، که منظومه‌های ستاره‌ای بزرگ یا کهکشان‌ها دارند از هم دور می‌شوند، فوراً پرسش‌هایی را درباره‌ی گذشته‌ی عالم مطرح کرد. اگر قرار باشد فیلمی راکه رشد و گسترش عالم را نشان می‌دهد، در جهت عکس نشان دهید (برگردانید)، خواهید دید که جهان هستی می‌رمبد و کل ماده و تابش روی هم تلنبار می‌شوند و به صورت آتشگوی پر حرارتی با چگالی نامتناهی درمی‌آید. اکنون بسیاری از ستاره‌شناسان

معتقدند که عالم به چیزی شبیه این، در قالب یک تکینگی یا سفیدچاله (**۱۹۱۶**)، آغاز شد. در سال ۱۹۵۰، رالف آلفر و جورج گاموف آمریکایی به تأمل در این خصوص پرداختند که چنین آغاز فاجعه‌باری، جز کهکشان‌های گریزپا یا نیاکانشان، چه رد و آثاری در کیهان بر جای نهاده است.

آلفر و گاموف استدلال کردند که نخستین چیزهایی که از این هنگامه ظاهر شد، در همان حال که منبسط و سرد می‌شد، باید پرتونون‌ها و نوترون‌ها بوده باشد. این ذرات روی هم تلنبار شدند تا هسته‌ی اتم‌های سبک را تشکیل دهند: هیدروژن، «هیدروژن سنگین» (دوتریم) و هلیم. محاسبات نشان داد که وقت کافی نبوده است تا چیز سنگین‌تری «درست شود»؛ تمامی عناصر دیگر در درون ستارگان تشکیل شدند (**۱۹۳۸ بته و فون وایتسکر**). تجزیه‌ی نور ستارگان با بهره‌گیری از طیف‌نمایی (**۱۸۱٤ فراونهوفَر**)، توانست مقدار، مثلاً، دوتریم را نشان دهد، و حاکی از آن است که عالم در آغاز به چه سرعتی منبسط شد و چقدر داغ بود.

هیچ کس با این ایده موافقت نکرد. زیرا فِرد هویل، ستاره‌شناس انگلیسی دهه‌ی ۱۹۵۰، و هرمان باندی و توماس گلد آمریکایی نظریه‌ی به کلی متفاوتی را پیش کشیده بودند. بنا بر استدلال آنان، جهان هستی هرگز آغازی نداشته است، و این‌که در مقیاس بسیار بزرگ همواره به همین گونه که الان دیده می‌شود، بوده است. همچنان‌که کهکشان‌ها در قالب عالمی «حالت پایا» از هم دور می‌شوند، کهکشان‌های نوی در فضای بین آن‌ها تشکیل می‌شوند. هویل، همواره پر شور و هیجان، آشکارا دیدگاه رقیب را که به عنون «مهبانگ» مطرح می‌شد، تحقیر می‌کرد.

پس از کوتاه زمانی شواهد مهمی برای این مجادله رخ نمود. مارتین رایل انگلیسی دوران جنگ را به تکامل بخشیدن دستگاه‌های رادار برای هواپیما سپری کرد. وی سپس به دانشگاه کمبریج بازگشت تا نجوم رادیویی را، در پی کشف کارل یانسکی و گروت رِبر (**۱۹۳۲ یانسکی**)، در این خصوص که سیگنال‌هایی رادیویی از فضا به زمین می‌رسَند، راه‌اندازی کند. تلسکوپ‌های رادیویی او به زودی چندین و بعداً صدها «چشمه‌ی رادیویی»، اشیای ریز در اعماق آسمان، عمدتاً در تلسکوپ‌های معمولی غیر قابل رؤیت اما گسیلنده‌ی نوفه‌ی رادیویی، یافته شدند. به نظر می‌رسید که این‌ها شبیه کهکشان‌ها در سرتاسر فضا پراکنده‌اند؛ شاید هم بعضی از آن‌ها کهکشان‌هایی بودند. تا سال ۱۹۵۸، رایل و گروه همکارانش گزارش‌هایی از این چشمه‌ها ارائه دادند، و همین گزارش‌ها هواداران نظریه‌ی حالت پایا را با مشکل مواجه کردند.

با این فرض که چشمه‌های قوی‌تر نزدیک و چشمه‌های ضعیف‌تر دور بودند،

رایل دو برابر چشمه‌های ضعیف‌تر نسبت به تعداد چشمه‌های قوی‌تر را یافت. به نظر می‌رسید که چشمه‌های ضعیف‌تر (دورتر) به‌طور کلی به هم نزدیک‌ترند (تعداد زیادتری در حجم معینی از فضا) تا چشمه‌های قوی‌تر. چشمه‌های دورتر همچنین بیشتر در زمان به عقب برمی‌گشتند (زیرا زمانی طول می‌کشد تا نور این مسافت را طی کند)، و از این‌رو عالم را در زمانی که جوان‌تر بود، نشان می‌دادند. این شواهد با تصویر مهبانگ منطبق بودند، که بنا بر آن کهکشان‌ها با مسن شدن جهان هستی در حال پراکنده شدن‌اند، اما با نظریه‌ی حالت پایا نمی‌خواندند.

تا ۱۹٦۰ امتیاز مهبانگ یک و از آنِ حالت پایا صفر بود. و هنوز هم انتظار اتفاقات بیشتری می‌رفت (۱۹٦۵).

تولید انبوه، اتومبیل‌ها و ریزتراشه‌ها

فناوری قرن بیستم

با آغاز قرن بیستم، آهنگ تغییرات فناوری، که از قبل هم تند بود، شتاب گرفت. هیچ جنبه‌ای از حیات جوامع صنعتی از پیامدها و آثار آن در امان نماند. نه تنها ماشین‌ها و ابزار جدیدی اختراع شدند، بلکه در شماری فزاینده در خانه‌ها، مراکز کسب و کار، کارخانه‌ها و مزارع خریداری و به کار گرفته شدند. تاریخ انسانی هرگز شاهد چنین تکامل و تحولی نبوده است.

برخی شگفتی‌های جدید نخستین‌بار در دهه‌های پایانی قرن قبلی زاده شدند: «کالسکه‌ی بدون اسب»، تصاویر متحرک، تلفن، پرتوهای ایکس، رادیو، مواد سنتزی (مصنوعی)، ضبط صوت، تولید انبوه برق. در پنجاه سال منتهی به ۱۹۵۰ همه‌ی این‌ها را در هر جایی می‌شد دید. در این قرن فناوری‌های دیگری زاده شد که از آن میان می‌توان هوانوردی، الکترونیک، تلویزیون، نیروی هسته‌ای، سفر به فضا و آرایه‌ی گسترده و بسیار وسیع مسیرهای پردازش و انتشار اطلاعات ــ قطعاً تأثیرگذارترین تمامی اختراعات ــ را برشمرد.

دمساز شدن بسیاری عوامل این فرایند تغییر را رقم زد. در تمام صنایع، عمدتاً به علت ورود فناوری‌های نو، بهره‌وری افزایش یافت. این اتفاق ثروت تولید و منابعی را آزاد کرد که به توسعه و گسترش حتی بهتر کالاها و خدمات باز خورانده می‌شد؛ «بهتر» به معنای ارزان‌تر، استفاده‌ی آسان‌تر، ایمن‌تر، توانمندتر، با آلودگی یا اسراف کم‌تر. اما، این‌ها همه چند دهه پیش از آن بود که ملاحظات زیست‌محیطی و اجتماعی اهمیت ویژه‌ای پیدا کنند.

به طور کلی، تولیدکنندگان چیزهایی را فراهم آوردند که مردم می‌خواستند و مایل بودند بابت آن‌ها پول بپردازند. مصرف‌کنندگان هم با خواست چیزهایی که داشتن آن‌ها را در خواب هم نمی‌دیدند، واکنش بروز دادند. افزایش تقاضا قیمت‌ها را پایین آورد، که تقاضا را باز هم افزایش داد و پول بیشتری برای دور بعدی پیشرفت‌های فناوری پرداخت شد.

در عین حال، علم هرچه بیشتر شالوده‌ی فناوری قرار گرفت. این روند در قرن پیش‌تر آغاز شده بود و جریان معکوسی از قرن‌های متمادی ــ روابط کهن ــ را بروز می‌داد. فهم بهتر و گسترده‌تر کارکردهای طبیعت ــ در حوزه‌ی انرژی، مواد و سامانه‌های زیستی ــ فرایند نوآوری را کارآمدتر کرد. این فرایند به نحو فزاینده‌ای شالوده‌ی فهم علمی را تشکیل داد، و غالباً به جای سعی و خطاهای سنتی، غالباً در قالب‌های ریاضیاتی بیان می‌شد.

هر مجموعه و سیاهه‌ای از دستاوردهای بهمن‌وار قرن بیستم در فناوری ناکامل است، زیرا

تا بخواهی گزینه‌ای از آن وجود دارد: انتقال نخستین سیگنال رادیویی از دو سوی اقیانوس اطلس (۱۹۰۱)، نخستین پرواز مجهز به موتوری سنگین‌تر از هوا (۱۹۰۳)، آزمون هوشبهر بینه (۱۹۰۵)، لامپ‌های رادیویی تریود (۱۹۰۶)، تابلوهای نئون (۱۹۱۰)، تولید انبوه اتومبیل‌های هنری فورد (۱۹۱۴)، پخش رادیویی خصوصی (غیردولتی) (۱۹۲۰)، فیلم‌های سینمایی رنگی (۱۹۲۲)، غذاهای فوری یخزده (۱۹۲۴)، «سینمای ناطق» (۱۹۲۷)، پنی‌سیلین (۱۹۲۸)، پخش رادیویی روی موج اف ام (FM)[1] (۱۹۳۳)، لامپ‌های فلوئورسان (مهتابی) و لامپ‌های بخار سدیم (۱۹۳۵)، رادار (۱۹۳۵)، پخش تلویزیونی (۱۹۳۶)، قلم‌های خودکار (۱۹۳۶)، نایلون (۱۹۳۷)، موتورهای جت (۱۹۳۷)، دستگاه‌های فتوکپی (۱۹۳۸)، هلیکوپتر (۱۹۳۹)، دِ دِ ت (۱۹۳۹)، «وسایل تنفس» در غواصی (۱۹۴۲)، ال اس دی (نوعی ماده‌ی مخدر) (۱۹۴۳)، اجاق‌های میکروموجی (۱۹۴۵)، انفجار «نخستین بمب اتمی» (۱۹۴۵)، گنبدهای زمین‌سنجی (۱۹۴۸)، قهوه‌ی فوری (۱۹۴۹). این‌ها فقط نیمی از دستاوردهای نیمه‌ی قرن بیستم را در بر می‌گیرند.

تا دهه‌ی ۱۹۵۰ بسیاری از جاپاهای فناوری کوبیده شده بود. الکتریسیته (که عمدتاً با سوزاندن ذغال سنگ تولید می‌شد) و فراورده‌های نفتی در حکم منابع اصلی نیرو جا افتادند. هواپیماها، با مجهز شدن به موتورهای جت، بزرگ‌تر و سریع‌تر شدند. اتومبیل در همه جا یافت می‌شد، و شبکه‌های بزرگراهی برای جاد دادن آن‌ها در خودشان، گسترش یافتند. کشاورزی هر چه بیشتر مکانیزه شد و جمعیت بیشتری مزارع را ترک کردند. وسیله‌های «کار راه‌انداز» خانگی به سرعت زیاد شدند. هر فناوری ارزان‌تر و آسان‌تر به دست تعداد بیشتری از مردم می‌رسید، کار بیشتری به ازای هزینه‌ی کم‌تری انجام می‌دادند، اما غالباً هزینه‌های ناخواسته و نامنتظره‌ای را تحمیل می‌کردند. دولت‌ها وضع و تحمیل مقررات سفت و سخت‌تری را برای محافظت از سلامتی و بهداشت انسان و محیط زیست ضروری یافتند.

قدرتمندترین عامل تغییر، «فناوری اطلاعات» یا IT، بود. در قرن‌های پیشین تلگراف و تلفن، ماشین‌های محاسبه و ماشین‌های تحریر برای ما فراهم آمده بود، از این رو IT از جای خاصی سر بر نیاورد. اما اختراع ترانزیستور در سال ۱۹۴۷ و تحکیم موقعیت آن در نخستین «مدارهای مجتمع» یک دهه بعد دگرگونی ریشه‌ای تقریباً همه‌چیز را آغاز کرد.

«رایانه‌ها»، که در ابتدا غول‌پیکر، به نحو گزافی هزینه‌بَر و پر مصرف، با طرز استفاده‌ی دشوار و پیچیده بودند، با تواناتر و کاربُردپذیرتر شدن، ابعاد و قیمت‌شان هم به نحو فاحشی کاهش یافت. تا دهه‌ی ۱۹۸۰، آرایه‌ی بسیار گسترده‌ای از کاربردهای روزمره برای «ریز تراشه‌ها»، نه

1. Frequency Modulation

تنها در نخستین رایانه‌های شخصی، با افزایش ذخیره‌سازی برنامه‌ها، بلکه در تلفن‌های همراه، دوربین‌های ویدیویی، لوح‌های فشرده، ماشین‌های فتوکپی هوشمند، وسیله‌های تشخیصی جدید در پزشکی و مکالمات تلفنی خودکار در ابعاد دفاتر کار، نیز یافته شده بود.

IT هم‌افزایی توانمندی با فناوری‌های ارتباطات نو، اکنون سرواژه ICT (فناوری اطلاعات و ارتباطات) بود. با بهره‌گیری از نور فروسرخی که از طریق رشته‌های شیشه‌ای گسیل می‌شد، یافت؛ اکنون سرواژه ICT (فناوری اطلاعات و ارتباطات) بود. این‌ها همه گردآوری، پردازش، ذخیره‌سازی، انتقال و نمایش اطلاعات را در همه‌ی شکل‌هایش چنان ارزان کرد که عملاً رایگان می‌نمود، و همزمان چنان سریع، و چنان آسان انجام می‌شد، که همه کس موفق به استفاده از آن شده است. در انتهای قرن بیستم، انگیزه برای «همگرایی» و «شبکه‌سازی»، بسیاری از کارکردها را در یک وسیله یا قطعه ترکیب و بین آن‌ها از طریق اینترنت ارتباط برقرار کرد تا قدرت آن‌ها را چند هزار برابر کند.

در دهه‌های پایانی قرن بیستم، دو فناوری جدید در رقابت با فناوری کامپیوتری اطلاعات (ICT) در قالب تأثیر بالقوه‌اش بر حیات آدمی ظهور کرد. «زیست‌فناوری» مستقیماً بر پایه‌ی فهم جدید از ژنتیک و کارکردهای DNA بنا شد؛ «نانوفناوری» آن چیزی را استخراج می‌کند که درباره‌ی رفتار اشیای کمی بزرگ‌تر از اتم می‌دانیم. در حالی که همه استفاده از ICT را غنیمت می‌شمردند، «مهندسی ژنتیک» و «نانوفناوری» راه دشواری را برای کسب پذیرش همگانی در پیش دارد.

۱۹۵۱ تا ۲۰۰۰

چشم‌انداز جهان در این دوره

در پی شعله‌ور شدن آتش جنگ جهانی دوم و ویرانی جهان‌گستر آن، اروپا به کام مخاصمه‌ای از نوع جدید، «جنگ سرد» فرو رفت. این منازعه قاره‌ی اروپا، و قسمت عمده‌ی کره‌ی زمین، را به دو اردوگاه مسلح تقسیم کرد، که «پرده‌ی آهنین» خط جدایی آن به‌شمار می‌رفت و قدرت نظامی «ابرقدرت‌ها»، ایالات متحده‌ی آمریکا و اتحاد شوروی آن را تقویت می‌کردند و بر شعله‌هایش هیزم می‌نهادند. گسترش و تکثیر هولناک دو فرزند فناوری جنگ دوم ــ جنگ‌افزارهای هسته‌ای و موشک‌هایی که قادر بودند این سلاح‌ها را فراتر از صدها و هزاران کیلومتر حمل کنند ــ تنش را هرچه وخیم‌تر و پر دامنه‌تر می‌کرد.

تهدید «ویرانی قطعی متقابل» دو طرف را از رو در رویی مستقیم برحذر می‌داشت، اما فشار از هر جایی بیرون می‌زد، مانند جنگ کره (۱۹۵۰-۱۹۵۳) و بحران موشکی کوبا (۱۹٦۲). بن‌بست فقط با فروپاشی اتحاد شوروی، عمدتاً ناشی از ضعف و بحران‌های داخلی‌اش، در حدود سال ۱۹۹۰ شکسته شد.

دو روند عمده‌ی دیگر بر کشورهای اروپایی تأثیر نهادند. یکی از دست رفتن تدریجی امپراتوری آن سوی دریاهای‌شان بود: مستعمره‌های آفریقایی و آسیایی استقلال‌شان را از فرانسه، بریتانیا، پرتغال، بلژیک و هلند به دست آورده بودند. مستملکات آن سوی دریاهای آلمان از قبل قربانی شکست آن کشور در جنگ جهانی اول شده بودند. امپراتوری اسپانیا هم، دیرزمانی بود که زوال یافته بود.

در همین حال، کشورهای اروپایی جستجو برای یک وحدت سازمانی را آغاز کردند که قبلاً (و به نحوی سست و کم دامنه) به عنوان پیامد ماجراجویی‌های نظامی کسانی چون ناپلئون و هیتلر، حاصل شده بود. مؤسسه‌های فراملیتی شروع به رشد کردند، که نقطه‌ی آغاز آن‌ها «اتحادیه‌ی گمرکی» بازار مشترک در ۱۹۵٤ بود، که

فرانسه، آلمان، ایتالیا و بنلوکس (هلند، بلژیک و لوگزامبورگ) را در بر می‌گرفت.

تا پایان قرن بیستم، یک اتحادیه‌ی اروپای گسترده‌تر و جامع‌تر با ۱۵ عضو و خط مشی و سیاست‌گذاری هماهنگ در بسیاری زمینه‌ها، به وجود آمده بود؛ قرار بود در اوایل قرن جدید (بیست و یکم) کشورهای بیشتری به آن بپیوندند. هر چند که بسیاری نگرانی‌ها و نکته‌ها هنوز باقی بود، به نحو فزاینده‌ای نامحتمل به نظر می‌رسید که کشورهای اروپایی به جنگ دیگری بر علیه یکدیگر برخیزند.

آلمان از آشوب‌های بعد از جنگش با کمک‌های انبوه و گزاف ایالات متحده‌ی آمریکا سر برآورد، و بار دیگر به نیروی اقتصادی عمده‌ای تبدیل شد. با فرو ریختن دیوار برلین در سال ۱۹۸۹، آلمان غربی، با آلمان شرقی که تحت کنترل شوروی سابق بود، بار دیگر متحد شد. فرانسه و بریتانیا، به عنوان «قدرت‌های پیروز»، مدت طولانی‌تر سپری شد تا به وضع عادی بازگشتند. پس از چند دهه حکومت خودکامه، بار دیگر دموکراسی به اسپانیا، پرتغال و یونان بازگشت، چنان‌که پیش‌تر از آن در آلمان و ایتالیا با شکست فاشیسم اتفاق افتاده بود.

همکاری بین‌المللی در علم از قبل قوی بود؛ این همکاری قرن‌ها جاری بوده است. به علت رشد و گسترش مقیاس و هزینه‌ی تجهیزات پژوهشی، کشورها منابع را یک کاسه کردند، و به سوی تشکیل آژانس فضایی اروپا، رصدخانه‌ی اروپایی در قطب جنوب، میزگرد اروپایی (برای مطالعات مربوط به گداخت هسته‌ای)، آزمایشگاه فیزیک هسته‌ای اصلی در سرن نزدیکی ژنو (زادگاه اینترنت)، و بسیاری برنامه‌ها و تسهیلات الحاقی دیگر، هدایت شدند.

با سپری شدن سال‌های قرن بیستم، تغییرات فراوانی رخ داد. اروپا، مانند تمام دنیا، شاهد بالا رفتن استانداردهای رفاه و زندگی، چالش‌های عمده برای بهداشت و محیط زیست، شکوفا شدن فناوری، بخصوص در ارتباطات و حمل ونقل، افت فراگیر آداب و مناسک مذهبی و شکوفایی و گسترش جنبش‌هایی چون فمینیسم بود. جوامع از هماهنگی بسی دور بودند و بسیاری از مردم به جستجوی سبک‌های زندگی و نظام‌های اعتقادی دیگری برآمدند. در چنین حال و هوایی، علم شکوفا شد، هرچندکه به نحو فزاینده‌ای در معرض وارسی دقیق و پرسشگری همگانی قرار داشت.

هنر و اندیشه

واپسین دهه‌های قرن بیستم سرشار از فعالیت خلاق و ایده‌های نو بودند. انتشار کتاب راشل کارسون در سال ۱۹۶۳ با عنوان *بهار خاموش*، که تأثیر دِ دِ ت بر حیات وحش

را با جزئیات بیان می‌کند، جرقه‌ی جنبش زیست‌محیطی یا «سبز»، یکی از قوی‌ترین نیروهای این زمان را زد.

«مصرف‌گرایی» که رالف نادار آمریکایی آن‌را در حمله‌اش در سال ۱۹٦۵ به صنایع اتومبیل در کتابش تحت عنوان *ناامن با هر سرعتی* توصیف کرد، عامل مؤثر عمده‌ی دیگری بود. «جنبش فمینیستی» را کتاب *خواجه‌ی حرم مؤنث* (۱۹۷۰)، تألیف جرمن گریر استرالیایی بسیار برانگیخت.

سایر بینش‌های قدرتمند و غالباً ناهمگون را جی. کی. گالبرایت آمریکایی (*جامعه‌ی مرفه*)، سیلتون فریدمن آمریکایی (*سرمایه‌داری و آزادی*) و برَد دیاموند آمریکایی (*تفنگ‌ها، ریشه‌ها و فولاد*)، ارنست شوماخر آلمانی (*کوچک زیباست*)، و فهم رسانه‌ها به وسیله مارشال مک لوهان کانادایی («*رسانه پیام است*») به ظهور رساندند.

ادبیات به یک میزان متنوع و فراوان بود. در اینجا نیز، رمان‌نویسان آمریکایی برجسته بودند: جی. د. سالینجر (*catcher in the Rye*)، ترومن کاپوت (*به خونسردی*)، تام وولف (*آتش پوچی‌ها*)، ولادیمیر نابوکف (*لولیتا*) و اریکا یونگ (*هراس پرواز*). برای نشان دادن تنوع، در این فهرست می‌توان ج. ر. ر. تولکین (*ارباب حلقه‌ها*)، ویلیام گلدینگ (*خداوند مگس‌ها*)، آنتونی بورگس (*پرتقال کوکی*)، و جی. جی. بالارد (*امپراتور خورشید*) همگی از بریتانیا؛ بوریس پاسترناک (*دکتر ژیواگو*) از روسیه؛ فرانسوا ساگان (*سلام بر غم*) از فرانسه؛ گونتر گراس (*گنبد حلبی*) از آلمان؛ اومبرتو اکو (*به نام گل سرخ*) از ایتالیا؛ و پاتریک وایت (*Voss*) و توماس کنیلی (*کمان سیندلر*) استرالیایی را در این فهرست گنجانید.

از جمله‌ی نمایشنامه‌نویسان نامدار و برجسته می‌توان از دیلان توماس (*زیر بشکه‌ی شیر*)، برنارد بهان (*گروگان*) و ساموئل بکت (*در انتظار گودو*) همگی ایرلندی؛ جان اوزبورن (*با خشم به گذشته بنگر*) و تام استوپارد (*روزن کرانتس و گیلدن اشترن مرده‌اند*) هر دو انگلیسی؛ نیل سایمون آمریکایی (*زوج عجیب و غریب*)؛ و اوژن یونسکوی فرانسوی (*کرگدن*) یاد کرد.

در حوزه‌ی موسیقی، «سنت کلاسیک»، مانند اپرا، عمدتاً به همت بنجمین بریتن باقی ماند؛ جان کیج و فیلیپ گلاس آمریکایی بر شکل‌های افراطی‌تری چون «تقلیل‌گرایی» ثابت‌قدم بودند. تا پایان قرن، اکثر آهنگسازان پیشرو زندگی و معاششان را از ساختن موسیقی فیلم‌ها تأمین می‌کردند. در تئاتر همراه با موسیقی (موزیکال)، استفن زوندهایم و اندریو لوید وِبر میدان را ازدست راجرز و هامرشتاین و لرنر و لوئی درآوردند.

جاز کماکان بر شالوده‌هایی بنا می‌شد که در پنجاه سال پیشین استوار بود، در حالی‌که آن‌ها را به شکل‌های جدیدی درمی‌آوردند. «راک اند رول» در دهه‌ی ۱۹۵۰ ظهور کرد و چهره‌ی موسیقی عامه را تغییر داد. گونه‌های دیگر موسیقی با افزایش دامنه‌ی رفاه و بهبود فناوری به نحو فاحشی رشد کردند. گروه پاپ بریتانیایی دهه‌ی ۱۹۶۰، بیتل‌ها، پدیده‌ای جهانی بود، اما فقط اولین از بسیاری پدیده‌ها به‌شمار می‌رفت.

علم گسترده

اواخر قرن بیستم به عصر «علم گسترده» بدل شد ــ گسترده در دامنه‌ی دسترسی جغرافیایی‌اش، در منابع‌اش، در مقیاس تجهیزات و کندوکاوها، در تعداد پژوهشگران و ابعاد گروه‌های تحقیقاتی، در پرسش‌هایی که باید پاسخ داده شوند و پیامد و تأثیر پاسخ‌ها. آنچه که ۵۰۰ سال پیش‌تر به عنوان روح جستجوگری و کنجکاوی در میان چند فیلسوف، روحانی و پزشک آغاز شده بود اکنون روحیه‌ی ابتکاری جهانی بود، که میلیون‌ها نفر را شامل می‌شد و هم دولت‌ها و هم کسب وکارها از طریق کنجکاوی افراد آن را تقویت می‌کردند و نیرو می‌بخشیدند.

اکثر کشورها در هر درجه‌ای از برهم‌کنش با سنت‌های اروپای غربی اکنون، جزئی از فعالیت علمی به‌شمار می‌رفتند. از جمله‌ی آن‌ها می‌توان کشورهای پیشرفته‌تر آسیا، قاره‌ی آمریکا و اقیانوسیه، شامل ژاپن، استرالیا و کانادا را برشمرد. کشورهای رو به توسعه‌ای چون چین و هند تازه راه به راه نهاده بودند، هرچند که زمان آن‌ها هنوز فرا نرسیده بود. کشورهای اروپایی همگی فعال بودند، اما مرکز ثقل تحقیقات، که مثلاً از طریق توزیع جغرافیایی جوایز نوبل مشخص می‌شود، ایالات متحده‌ی آمریکا بود.

اما در خلال این نیم قرن دست‌یازی به علم متنوع و گسترده و عظیم بود، که برخی مسیرهای یگانه‌ساز قدرتمند را در آن می‌توان مشاهده کرد: آشکار شدن رازهای رمز ژنتیکی، به فهم سازوکار ریشه‌ای توارث زیست‌شناختی و امکانات بالقوه‌ی زیست‌فناوری انجامید؛ به دست آمدن شواهد بیشتری راجع به مقیاس و پیشنه‌ی کیهان که کره‌ی زمین ما را هم در بر می‌گیرد؛ مدل‌های جامع‌تری برای توضیح رفتار ماده

در بنیادی‌ترین سطح آن؛ توصیف و بازنمایی مسیر تکامل انسان؛ بینش‌های ژرف‌تر پیرامون خاستگاه‌های حیات و نسبت به دینامیک سیاره‌ای که روی آن زندگی می‌کنیم.

در بسیاری حوزه‌های علم مقیاس ابزار و تجهیزات و سازماندهی پژوهش کماکان ارتقا یافت. مثلاً، پروژه‌ی ژنوم انسان، کار خطیر یک میلیارد دلاری در سطح جهان بود ــ هر چند که موتورمحرک آن عمدتاً در ایالات متحده کار می‌کرد ــ و بر پایه‌ی نسل جدید فناوری تحلیلی استوار بود. تلسکوپ‌های توانمندتر و پیچیده‌تری برای آشکارسازی نورمرئی، امواج رادیویی و سایر اشکال انرژی فراآمده از جهان هستی، طراحی و ساخته شد. ابعاد بزرگ‌ترین دوربین نجومی که در سال ۲۰۰۰ شروع به کار کرد دو برابر دوربین رکوردار سال ۱۹۵۰ و چهار برابر هر یک از دوربین‌های نجومی بود که در سال ۱۹۲۰ به کار رصد آسمان مشغول بودند. تا سال ۲۰۰۰، ابزار و تجهیزات فراوانی در مدار زمین قرار داده شده بودند تا دید روشن‌تری از عالم را فراهم آورند؛ شناخته‌ترین این ابزار تلسکوپ فضایی هابل است، و کاوشگرهای مجهز به انواع ابزار برای کاوش منظومه‌ی شمسی به فضا پرتاب شدند. این‌ها همه را سامانه‌های کامپیوتری هرچه قدرتمندتری پشتیبانی می‌کرد که می‌توانند داده‌ها را ذخیره و تحلیل کنند و نمایش دهند.

همزمان، در دستگاه‌هایی که ساختار درونی ماده را می‌کاوند رشد و توسعه اتفاق افتاده است. هزینه‌ی چنین تجهیزاتی از بنیه‌ی مالی هر یک از کشورها فراتر رفته است. این عامل، به اضافه‌ی میل و علاقه به اجتناب از دوباره‌کاری‌ها و اسراف‌ها، فعالیت‌های علمی را بیش از پیش چندملیتی کرده است. به عنوان یکی از نخستین نمونه‌های چنین همکاری و تعاونی می‌توان از سال بین‌المللی ژئوفیزیک (IGY)، یاد کرد که در واقع به مدت ۱۸ ماه از ۱۹۵۷ تا ۱۹۵۸ طول کشید. این رویداد با نخستین پرتاب ماهواره‌ها به مدار زمین مصادف بود (و تا حدودی هم از آن بابت حمایت شد).

نخستین اقدام قابل مقایسه با این اتفاق عبارت بوده است از شبکه‌های بین‌المللی مشاهدات و رصدهای گذارهای زهره که در قرن نوزدهم فرهنگستان‌های علوم انگلستان و فرانسه آن را سازماندهی کرده بودند. اکنون، چنین همکاری‌هایی بر عهده و وظیفه‌ی دولت‌ها بود. بسیاری از کشورها در کارهای علمی مشارکت کردند تا فهم بهتری را از زمین و سامانه‌های بسیار آن به دست آورند. مثلاً، کشتی‌های دریایی عمده برای فعالیت در حوزه‌ی علوم دریایی و اقیانوس‌نگاری و نخستین فعالیت‌های اساسی هماهنگ در جنوبگان را می‌توان از این جمله به‌شمار آورد.

یوجین آزِرینسکی و ناتانییل کلایتمن: خواب و رؤیا

۱۹۵۲ پیش از دهه‌ی ۱۹۵۰ عده‌ای فکر می‌کردند خواب و خواب دیدن به مطالعه‌اش می‌ارزد. خواب را «زمان خاموشی» مغز تلقی می‌کردند؛ اگر کسی از پیروان فروید نبود، رؤیا هم برایش بی‌معنا بود. به نظر می‌رسید همین‌که کودکان چرت می‌زدند، چشمانشان در پشت پلک‌هایشان حرکت می‌کرد، اما هیچ کس فکر نمی‌کرد که افراد بالغ هم چنین باشند.

در واقع، هیچ کس به این موضوع توجه نکرده بود. نخستین کسی که این کار را انجام داد یوجین آزرینسکی آمریکایی بود؛ دستیار تحقیقاتی فقیری بود که حتی لیسانس هم نداشت. وی برای ناتانییل کلایتمن، یکی از پژوهشگران پیشگام در حوزه‌ی خواب، کار می‌کرد. در سال ۱۹۵۲، آزرینسکی که روی یک حدس و گمان کار می‌کرد، ابزاری چنان قدیمی را به کار گرفت که کلاً در هم شکست، واز پسرش به عنوان سوژه استفاده کرد.

وی با ثبت «امواج مغز»، الگوهای فعالیت الکتریکی در پوست سر، پی برد که در زمان خواب مغز همانقدر فعال است که در هنگام بیداری. وی با وصل کردن حسگرهای دیگر برای ثبت کردن حرکت عضلات چشم (وی از حرکات چشم کودکان خبر داشت)، پی برد که چشمان سوژه‌های خواب با مغزهای فعال سرعت حرکت ثابتی دارند. وی این موضوع را حرکات سریع چشم (REM) نامید؛ بقیه‌ی خواب «بدون حرکات سریع چشم»، با امواج بسیار کُند مغز بود.

کشف‌های دیگری هم در پی این صورت گرفت. دوره‌های خواب با حرکات سریع چشم و خواب بدون حرکات سریع چشم به طور متناوب در چرخه‌ای ۹۰ دقیقه‌ای تکرار می‌شد، که دوره‌ی خواب با حرکات سریع چشم پیوسته طولانی‌تر می‌شد. در خلال خواب با حرکات سریع چشم، اندام سوژه‌ها فلج می‌شد: نمی‌توانستند حرکت کنند. کلایتمن تصور می‌کرد که خواب با حرکات سریع چشم باید با خواب دیدن (رؤیا) کاری انجام دهد، از این رو وی و آزرینسکی اقدام به بیدار کردن سوژه‌ها کردند، و درباره‌ی خوابشان از آن‌ها سوآل می‌کردند. حدود ۸۰ درصد کسانی که در خواب با حرکات سریع چشم بودند، از خواب دیدن خود گزارش دادند، و فقط ۲۰ درصد در خلال خواب بدون حرکات سریع چشم خواب دیده بودند. در خواب با حرکات سریع چشم، رؤیاها عمدتاً پرشور و عجیب و غریب، با مقادیر زیادی حرکت و طرح‌های پیچیده گزارش شدند. خواب‌های بدون حرکات سریع چشم معقول‌تر و ایستا بودند.

بنابراین خواب با حرکت سریع چشم حالت سومی از هشیاری است، که بین بیداری و خواب، عموماً (نه انحصاری) با رؤیاها ارتباط برقرار می‌کند. از قرار معلوم حرکت‌های سریع چشم ما به چیزهایی در رؤیاهای ما «نگاه می‌کنند». بدن ما چنان لمس و فلج می‌شود که نمی‌توانیم از بستر بیرون رویم و به دنبال خوابی که دیده‌ایم در اطراف اتاق راه افتیم.

این پژوهش پیشگام اثبات کرد که خواب فراتر از استراحت است. این پژوهش‌ها نیم قرن بعدی هم ادامه می‌یابد، هرچند که در این خصوص که چه خواب‌ها (رؤیاها) یی «به چه چیزی مربوط‌اند»، توافق کلی وجود ندارد.

کوسموترون راه را می‌گشاید

۱۹۵۲ از اوایل قرن بیستم که عصر فیزیک هسته‌ای آغاز شد، فیزیکدانان در جستجوی شکستن و خرد کردن ماده با پرتابه‌های گوناگون بوده‌اند. طبیعت نخستین کاوشگرها را، مانند ذرات آلفای بسیار مفیدی که عناصر پرتوزایی چون توریم رها می‌کنند، در اختیار آنان قرار داده است. ارنست رادرفورد و همکارانش، با این کاوشگرها اثبات کردند که اتم هسته دارد (**۱۹۰۹**)، برای نخستین بار عنصری را به عنصر دیگر تبدیل کردند (**۱۹۱۹**) و نوترون را یافتند (**۱۹۳۲ آزمایشگاه کاوندیش**).

اما ذرات آلفا برای انجام آزمایش‌های پیشرفته‌تر چندان قوی نبودند. پاسخ را «شتابگر ذرات» مهیا کرد، دستگاهی که با مصرف برق فشارقوی (پر ولتاژ) ذرات (نخست پروتون‌ها) را در دو لوله‌ای تخلیه از هوا به سوی یک هدف پرتاب می‌کرد. جان کاکّرافت و ارنست والتون در آزمایشگاه کاوندیش (**۱۹۳۲**) با چنین دستگاه‌هایی بسیاری از اتم‌های سبک را شکستند؛ آنان «اتم را شکافته» بودند.

شتابگرهای خطی ذرات نیز محدود بودند، و به ماشین‌هایی بیشتر شبیه به پیست‌های اتومبیلرانی تا مسیرهای پیست اسب‌دوانی، جای سپردند. باریکه‌های ذرات را می‌شد از طریق هزاران بار قرار دادنشان در یک مسیر دایره‌ای، بسیار سریع و قدرتمند کنند، و هر بار که این مسیر را طی می‌کردند، تحریکشان کنند تا «تندتر بروند». در اولین نوع این ماشین‌ها، به نام «سیکلوترون»، ذرات در حرکتی مارپیچی از مرکز تیغه‌های فلزی بزرگ بیرون می‌آمدند. این دستگاه‌ها تحت نظارت و هدایت ارنست لورنس، برنده‌ی جایزه‌ی نوبل، در دانشگاه برکلی ایالات متحده‌ی آمریکا ساخته شدند. هزینه‌ی ارتقای این ماشین‌ها بسیار گزاف بود و طرح‌های جدیدتری به وجود آمد. تا اوایل دهه‌ی ۱۹۵۰ «سینکروترون» را به این ماشین ترجیح دادند؛ این

ماشین کماکان تا ۵۰ سال بعد دستگاه مرجح باقی ماند، هرچند که ابعاد آن‌ها فوق‌العاده افزایش یافته است.

در سال ۱۹۵۲ کوسموترون در صف اول واقع بود؛ سینکروترونی که در آن سال برای مقاصد تجاری در ایالات متحده گشوده شد. «مسیرهای» آن (لوله‌ای تخیله از هوا به شکل حلقه) حدود ۱۰ متر عرض داشت و ذراتی را بیرون می‌داد که هدف‌ها را با انرژی بیشتر از یک میلیون واحد انرژی بمباران کنند. نخستین شتابگرهای خطی فقط تا ۱۰۰,۰۰۰ واحد انرژی تحویل می‌دادند. تا دهه‌ی ۱۹۹۰ ماشین‌هایی یک هزار بار قوی‌تر و کیلومترها قطر در حال کار بودند. هزینه‌ی ساخت آن‌ها میلیاردها دلار و راه بردنشان نیازمند تیم‌های صدها نفره بود. فیزیک هسته‌ای به «علم بزرگ و گسترده» تبدیل شده بود.

فیزیکدانان به دودلیل مصرانه خواستار انرژی هر چه بیشتری بودند. از یک سو، شتابگری قدرتمندتر مانند تلسکوپی بزرگ‌تر بود؛ این تلسکوپ می‌توانست جزئیات کم‌سوتر و جنبه‌های بیشتر درون ماده را ببیند. به همین ترتیب بود که نخستین «کوارک‌ها» در داخل پروتون‌ها و نوترون‌ها، ذراتی که قبلاً تجزیه و تقسیم‌ناپذیر تلقی می‌شدند، یافته شدند.

مقادیر فراوان انرژی به این معنا هم بود که ذرات جدید می‌توانست «ساخته» شود، مانند پوزیترون‌ها و الکترون‌ها که از انرژی پرتوهای کیهانی ایجاد شده بودند (**۱۹۲۸ دیراک**). با بهره‌گیری از چنین ماشین‌هایی، کوارک‌ها و سایر ذرات نامتعارف بعداً صورت واقعیت پیدا کردند و در آزمایشگاه به وجود آورده شدند (**۱۹۹۶**). کوسموترون در اینجا به پیروزی اولیه دست یافت. در سال ۱۹۵۵ انرژی باریکه‌اش را به ماده تبدیل کرد، که زوج‌های پروتون و پادپروتون را پدید آورد، ذراتی که اگر به هم نزدیک می‌شدند یکدیگر را نابود می‌کردند.

استنلی میلر و هارولد یوری: ساختن مولکول‌های حیات

در سال ۱۹۵۳ استنلی میلر، زیست‌شیمیدان جوان آمریکایی، یک فلاسک شیشه‌ای را از برخی گازهای پایه: بخار آب، متان، آمونیاک و هیدروژن، پر کرد. هارولد یوری، شیمیدان پیشرو و استاد راهنمای میلر، معتقد بود که این گازها در هنگام جوانی زمین، گازهای رایج در جوّ این سیاره بوده‌اند. آنگاه میلر جرقه‌های الکتریکی را به مدت چند روز در این آمیخته برقرار کرد. وقتی همه چیز سرد شد، وی پی برد که فلاسک حاوی مواد شیمیایی پیچیده‌تر، از جمله آمینواسیدهای گلیسین ۱۹۵۳

و آلانین‌اند. این مواد، همراه با حدود ۲۰ ماده‌ی دیگر، واحدهای پایه‌ی پروتئین‌ها به‌شمار می‌آیند که همه‌ی موجودات زنده از آن‌ها ساخته می‌شوند و (مانند آنزیم‌ها) کار فرایندهای شیمیایی را چندان سریع می‌کنند که موجودات زنده پایدار بمانند.

میلر و یوری آزمایش خود را چنان طراحی کردند که تا منشأ حیات پیش بروند، و قطعاً هم همین‌گونه شد. اهمیت آن همپایه‌ی کشف فریدریش وولر در **۱۸۲۸** بود از این قرار که یک ماده‌ی شیمیایی تولید شده از موجودات زنده (اوره) را می‌توان صرفاً از طریق بازآرایی اتم‌ها در ماده‌ی شیمیایی دیگری که با حیات ارتباط مشخص و صریحی ندارند (آمونیم سیانات)، ساخت. آزمایش میلر- یوری چندین بار تکرار شده و کیفیت و مرتبه‌ی آن ارتقا یافته است؛ این آزمایش‌ها را با تاباندن نور فرابنفش و پرتوهای ایکس بر این آمیزه انجام دادند تا برای انگیختن مولکول‌ها به ترکیب شدن با یکدیگر، انرژی زیادی مهیا کنند. حتی مواد شیمیایی پیچیده‌تری ایجاد کرده‌اند، مانند زنجیره‌های کوتاه آمینواسیدها به نام بس پپتیدها.

به این ترتیب معقول به نظر می‌رسد که فکر کنیم مواد شیمیایی لازم برای ساختن موجودات زنده می‌توانسته روی کره‌ی زمین از طریق فرایندهای معمولی فیزیکی و شیمیایی در همان روزهای اولیه، ساخته و ایجاد شوند. البته این فقط نقطه‌ی آغاز بوده است. گام‌های بسیار دیگری، که بسیاری از آن‌ها را هنوز نفهمیده‌ایم، بین آمینواسیدها و ساده‌ترین یاخته‌ی زنده برداشته شده است.

جیمز واتسون و فرانسیس کریک: رازِ پنهانی رمز ژنتیکی

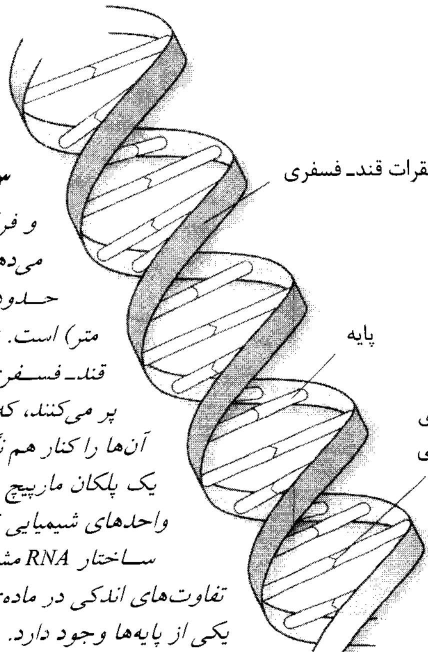
۱۹۵۳

بسیاری ادعا می‌کنند بزرگ‌ترین کشف علمی قرن بیستم عبارت است از «گشودن رمز ژنتیکی» در سال ۱۹۵۳ به دست جیمز واتسون آمریکایی و فرانسیس کریک انگلیسی، که در آزمایشگاه کاوندیش در کمبریج با هم کار می‌کردند. قطعاً، یافتن ساختاری برای «ماده‌ی شیمیایی ژنتیکی» DNA بسیار مهم بود؛ در پی این کشف ساختمان‌های ژنتیکی کامل را برای ساختن کل موجودات زنده، از جمله خود انسان (**۱۹۹۰**) کشف رمز کرده‌ایم، و زیست‌فناوری‌های نو و توانمندی را آفریده‌ایم.

این کشف از پیشینه‌ای طولانی برخوردار بود، که دست‌کم به یوهان میشر و والتر فلمینگ برمی‌گردد که نوکلئیک اسیدها را در هسته‌ی یاخته‌ها در سال **۱۸۶۹** یافتند. مدت‌ها بعد از آن نوبت ادوین چارگاف (**۱۹۵۰**) با «قوانین»اش رسید. بنا براین قوانین، واحدهای شیمیایی حیاتی (چهار واحد پایه) در DNA همواره در کنار یکدیگر یافته می‌شوند: آدنین (A) با تیمین (T)؛ سیتوزین (C) با گوانین (G). کسانی دیگر برای

کاوش در چگونگی کنار هم قرار گرفتن پروتئین‌ها از پرتوهای ایکس بهره بردند و دریافتند که بسیاری از آن‌ها مانند فنر مارپیچ ساخته شده‌اند.

تصویرهای پرتو ایکسی (**۱۹۱۵ براگ**) که در سال ۱۹۵۲ به وسیله‌ی موریس ویلکینز و روزالیند فرانکلین در کالج سلطنتی لندن گرفته شد، برای واتسون کریک نقشی حیاتی بازی کردند تا «مسابقه» را (در رقابت با پژوهشگران پیشروی چون لینوس پولینگ) ببرند. چنین عکس‌هایی مقادیر زیادی تعبیر و تفسیر به‌بار آورد، اما سرنخ‌های حیاتی که واتسون و کریک برای حل مسئله پیشنهاد کردند در آن‌ها پنهان بودند. این تصاویر حاکی از آن بودند که DNA نه یک مارپیچ بلکه دو مارپیچ دارد، که مانند نرده‌های پلکان مارپیچی، در هم تنیده‌اند. «ریسمان‌ها»ی روی پلکان زوج‌پایه‌هایند: A با T در یک گروه، و C با G در یک گروه قرار می‌گیرند. ریسمان‌ها در وسط و با ربایش متقابل اتم‌های هیدروژن در هر نیم‌گام به هم ملحق می‌شوند.



این نمودار ساختار «مارپیچ دوگانه» یا «مارپیچ مضاعف» ماده‌ی شیمیایی اساسی ژنتیکی DNA را، که در سال ***۱۹۵۳*** *به وسیله‌ی جیمز واتسون و فرانسیس کریک یافته شد، نشان می‌دهد. هر پیچی از این مارپیچ حدود سه نانومتر (یک میلیاردیم متر) است. شکاف بین ستون‌های فقرات قند۔ فسفری به هم پیچیده را زوج پایه‌ها پر می‌کنند، که ربایش بین اتم‌های هیدروژن آن‌ها را کنار هم نگه می‌دارد و شبیه به پله‌های یک پلکان مارپیچ به نظر می‌رسند. نظم دقیق این واحدهای شیمیایی ناشی از رمز ژنتیکی است. ساختار RNA مشابه همین است، با این فرق که تفاوت‌های اندکی در ماده‌ی شیمیایی ستون فقرات و یکی از پایه‌ها وجود دارد. RNA معمولاً تک مارپیچ است به جای این‌که مارپیچ مضاعف باشد.*

واتسون و کریک اکنون می‌توانستند توضیح دهند که چون هر بار که یک یاخته تقسیم می‌شود خودش را تکثیر می‌کند، در هنگامی که همه‌ی کروموزوم‌ها با ژن‌هایی که در آن گنجیده‌اند، باید تکثیر شوند (**۱۸٦۹ میشر و فلمینگ**). پیوندهای هیدروژنی می‌شکنند، بست مارپیچ‌های دوگانه گشوده می‌شود. اکنون هر نیمه‌ای از پلکان، از سوپ مواد شیمیایی در یاخته، موادی را گرد می‌آورد تا آن سوی از دست رفته‌اش را بازسازی کند. هر A با یک T، هر C با یک G دسته و گروه می‌شود، نرده بازسازی می‌شود و اکنون دو مولکول DNA به جای یکی وجود دارد.

کارکرد واقعی کد (رمز) ژنتیکی نیز روشن شد. به خاطر کنترل بر ساخته شدن یک پروتئین خاص، هر پیام رمز گشوده (یک ژن) نیازمند آن است که نظمی را فراهم آورد که در آن آمینواسیدها باید به یکدیگر ملحق شوند. «حروف» این رمز چهارپایه‌ی A، T، G و C را دارند. واتسون و کریک فرض کردند که هر «کلمه» (که در زبان تخصصی آن را یک «کادون» نامیدند) یک آمینواسید را در زنجیره‌ای نشان می‌دهد که یک پروتئین را می‌سازد.

هر کلمه چند حرف نیاز دارد؟ دو تا کافی نیست، زیرا فقط ١٦ روش برای انتخاب و آراستن دو حرف از چهار حرف وجود دارد. کلمات ناکافی برای نشان دادن ۲۰ آمینواسید شناخته شده باقی می‌ماند. اما سه حرف در هر کلمه ٦٤ امکان را تشکیل می‌دهد، که برخی کلمات برای مقاصدی دیگر باقی می‌مانند (**۱۹٦٦**).

واتسون و کریک بینش تابناکی را در درک همه‌ی این‌ها از شواهد پیچیده به خرج دادند. وقتی جایزه‌ی نوبل در پزشکی در سال ۱۹٦۲ اعلام شد، موریس ویلکینز هم در آن جایزه با واتسون و کریک سهیم شد. روزالیند فرانکلین را در این جایزه شریک نکردند: این زن دانشمند در سال ۱۹۵۷ در ۳۷ سالگی به علت بیماری سرطان درگذشت.

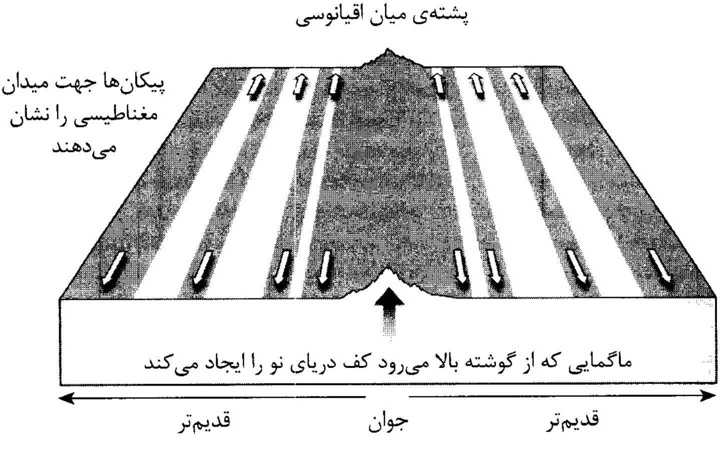
ویلیام یوئینگ و هَری هس: حرکت کف دریا

۱۹۵۳

انکار تقریباً فراگیر مفهوم رانه‌ی قاره‌ای آلفرد واگنر (**۱۹۱۲**) از یک نقیصه‌ی جدی در این ایده ناشی می‌شد. هرچند که وی شواهد تأثیرگذاری را مبنی بر این گردآورده بود که قاره‌ها حرکت کرده‌اند، به سوی هم آمده‌اند و از هم جدا شده‌اند، وی نتوانست توضیح دهد که این اتفاق چگونه رخ داده است. اکثر زمین‌شناسان فکر می‌کردند که ایده‌ی پیش رفتن قاره‌های جامد از میان بستر دریای به همان میزان جامد مضحک و خنده‌دار است. و همین‌طور هم بود.

احیای ایده‌ی رادیکال وگنر در سال ۱۹۵۳ آغاز شد، آنگاه که ویلیام یوئینگ زمین‌شناس آمریکایی نتایج نقشه‌برداری‌هایش از بستر اقیانوس اطلس را منتشر کرد. وی با بهره‌گیری از تجهیزات نوظهور برای اندازه‌گیری عمق آب و بنابراین نگاره‌برداری از منظر پنهان، رشته‌کوه‌های وسیعی را یافت که تا میانه‌ی اقیانوس ادامه یافته بودند، که دقیقاً همان شکل را در خطوط کرانه‌ای دنبال کرده بودند. افزون بر این‌ها، هر چه به این پشته‌ی میان اقیانوسی نزدیک‌تر می‌شدید، سنگ‌ها و صخره‌ها جوان‌تر می‌شدند، هم بسترهای سنگی و هم رسوباتی که بیش از اندازه فرو نشسته بودند.

یبوئینگ معنای این اتفاق را از این قرار دانست که کف اقیانوس اطلس در حرکت است، به طوری که از پشته دور و پراکنده می‌شود. وی کف دریای نو را مجسم کرد که از صخره‌ی گوشته تشکیل می‌شود که در امتداد خط پشته از درون زمین فوران می‌کند، و در هر دو جهت به بیرون پرتاب می‌شود. اگر آفریقا و آمریکای جنوبی در درون کف دریا جای می‌گرفتند، باید تحت فشار از هم جدا می‌شدند. قاره‌ها به این ترتیب به حرکت درآمدند. وگنر بار دیگر در میان زمین‌شناسان محبوب شد.



در اینجا ناحیه‌ی کف دریا به وسعت چند صد کیلومتر را مشاهده می‌کنید. نوارهای روشن صخره‌های میدانی مغناطیسی به سوی شمال را، آن‌گونه که هم‌اکنون هم هست، نشان می‌دهد. در نوارهای تیره‌ی صخره‌ها، میدان مغناطیسی به سوی جنوب (قطبیت معکوس) را نشان می‌دهد. نوارهای با قطبیت مشابه دارای پهنایی مساوی در هر دو طرف پشته‌ی مرکزی (وسطی)اند، که در آنجا صخره‌ها پیش از حرکت به خارج تشکیل شده‌اند. صخره‌ها در لبه‌های خارجی میلیون‌ها سال قدیم‌تر از صخره‌های مرکزی‌اند. چنین کف دریایی نیروهای حرکت قاره‌ها را پخش و پراکنده می‌کنند.

در سال ۱۹٦۲ شواهد قدرتمندتری به دست آمد؛ در آن هنگام هَری هس زمین‌شناس آمریکایی یک مغناطیس‌سنج را در بالای کف دریا به حرکت درآورد. (این کار در ابتدا در اقیانوس آرام انجام شد اما در اقیانوس اطلس نتایج مشابهی به دست آمد.) تجهیزات وی شدت و جهت خاصیت مغناطیسی (مغناطیس) گنجیده در صخره را ثبت کرد. پی‌یر کوری، فیزیکدان فرانسوی (**۱۸۹۸**)، پی برده بود که وقتی سنگ مذاب سرد می‌شود و به پایین‌تر از دمای معینی (نقطه‌ی کوری) می‌رسد، هرگونه میدان مغناطیسی را که خودش در داخل آن میدان است به دام می‌اندازد و از آن به بعد تا ابد نگهش می‌دارد. هس پی برد که صخره‌های کف اقیانوس به صورت نوارهای عظیم مغناطیده‌اند که پهنای آن‌ها صدها کیلومتر و طولشان هزاران کیلومتر است. جهت میدان مغناطیسی در یک نوار به سوی شمال و در نوار بعدی به سوی جنوب است.

شواهدی از دو واقعیت جذاب و جالب به دست آمد. اولاً، میدان مغناطیسی زمین در گذشته چندین بار تغییر جهت داده است، که شمال مغناطیسی به جنوب مغناطیسی تبدیل شده و دوباره برگشته است. از طریق عمرسنجی صخره‌ها و سنگ‌ها با پرتوزایی (**۱۹۲۱**) می‌توانیم زمان معکوس شدن این قطب‌ها را پیدا کنیم. آخرین آن‌ها ۵۰۰,۰۰۰ سال پیش اتفاق افتاده است.

ثانیاً، الگوی نوارهای مغناطیسی روی یک طرف یکی از پشته‌های میان اقیانوسی دقیقاً با الگوی واقع در طرف دیگر هماهنگ و منطبق است. این امر فقط می‌تواند به این معنا باشد که آن بخش‌های کف دریا، که اکنون هزاران کیلومتر از هم فاصله دارند، در یک زمان سرد شده و بنابراین یکباره کنار هم قرار گرفته‌اند. فقط یک از هم گشودگی کف دریا می‌تواند این اتفاق را توضیح دهد.

فردریک سَنگر: معمار انسولین

۱۹۵۵

فقط چهار نفرند که دو بار جایزه‌ی نوبل دریافت کرده‌اند: ماری کوری، لینوس پولینگ، جان باردین و فردریک سانگر. سانگر، مانند باردین، و بر خلاف کوری و پولینگ، دو بار جایزه‌ی نوبل را در یک رشته، برای شیمی، در سال‌های ۱۹۵۸ و ۱۹۸۰، دریافت کرد.

سَنگر انگلیسی‌تبار، در کمبریج تحصیل کرد و به مدت چهل سال در آنجا به کار پرداخت، که احتمالاً مظهر یک پژوهشگر علاقمند و با انضباط به‌شمار می‌آید. اما آدم زحمت‌کش و خیلی پر کاری نبود؛ در عوض یکی از تأثیرگذارترین دانشمندان زمانه‌ی خودش به‌شمار می‌رفت. در اوایل کارش جنگ آغاز شد. در حالی که بسیاری

از دانشمندان دیگر به کارهایی پرداختند که از اهمیت نظامی برخوردار بود، سَنگر یک معترض وظیفه‌شناس بود و در آزمایشگاهش ماند.

سَنگر به کشش همیشگی الگوها و توالی در مواد شیمیایی اذعان می‌کرد. وی اعتقاد داشت که اگر بتوان این الگوها و توالی‌ها را به درستی تعبیر و تفسیر کرد، مقدار زیادی اطلاعات حیاتی به دست می‌آید. هنوز سی سالش نشده بود که وظیفه‌ی تعیین ساختار یک پروتئین مهم، یعنی تعیین چگالی و نظم صحیح آمینواسیدهایی که آن پروتئین از آن‌ها ساخته می‌شدند، بر عهده‌اش نهاده شد. وی انسولین را برگزید؛ این پروتئین به آسانی قابل دسترس بود، خیلی پیچیده نبود (هرچند که حاوی چند صد اتم بود) و اگر ساختارش معلوم می‌شد، می‌شد به طور مصنوعی آن را ساخت و شاید از این راه درمان مرض قند وضع بهتری پیدا می‌کرد.

سَنگر ناگزیر شد برای کارش روش‌های جدیدی را ابداع کند. وی برای تصمیم‌گیری در این مورد که کدام آمینواسید کدام است (۲۲ آمینواسید وجود داشت که باید از میان آن‌ها یکی را برگزیند)، از «کروماتوگرافی» سود جست: سرعت جذب یک محلول آمینواسید به وسیله‌ی کاغذ خشک‌کن خاص به «وزن مولکولی»، یعنی وزن تمام اتم‌های ترکیب شده‌ی آن، بستگی دارد. کارِ بسیار پر زحمت و شاقی بود. هشت سال طول کشید تا هر یک از آمینواسیدهای انسولین را به وضوح شناسایی و نظم آن‌ها را دسته‌بندی کند. انسولین یکی از نخستین هورمون‌هایی بوده که فردریک بانتینگ و جورج بست کانادایی در سال **۱۹۲۲** آن را شناسایی کردند. اکنون نخستین باری بود که معمارش به طور کامل آن را شناخت.

بسیاری پژوهشگران دیگر راه او را در پیش گرفتند، و پی بردند که چگونه سایر پروتئین‌های مهم، مانند هموگلوبین، ساخته می‌شوند. سَنگر خودش این کار را ادامه داد. وی با تمرکز روی توالی، مطالعه‌ی جزئیات مولکول‌های DNA، ماده‌ی شیمیایی ژنتیکی، را آغاز کرد. این مطالعات به نخستین سیاهه (ژنوم) ژنتیکی کامل هر موجود زنده و سپس به پروژه‌ی ژنوم انسان[1] انجامید (**۱۹۹۰**).

ویلارد لیبی: تعیین تاریخ‌های باستانی از روی کربن پرتوزا

۱۹۵۸ قدیمی‌ترین شهر روی کره‌ی زمین کدام است؟ پاسخ، که برای نخستین بار در سال ۱۹۵۸ داده شد، اریحا است که ۹,۰۰۰ سال پیش بنا شده است. این

1. Human Genome Project

کار از طریق عمرسنجی کربن ١٤ (سن‌یابی رادیوکربنی)، که ابتکار ویلارد (فرانک) لیبی، شیمیدان آمریکایی بود، میسر شد. روش او را اکنون برای عمرسنجی همه‌ی انواع بازمانده‌ها و آثار هنری باستانی، اشیایی تا قدمت ۷۰,۰۰۰ سال، به کار می‌برند.

لیبی هم مانند بسیاری از دانشمندان جوان‌تر، قسمت عمده‌ی ابتدای کار حرفه‌ای خود را به کارهایی مربوط به جنگ سپری کرد. وقتی آتش جنگ در اروپا شعله کشید، پس از کوتاه زمانی وی به کار روی روش‌های جداسازی ایزوتوپ‌های اورانیم، در جهت میسر کردن ساخت بمب اتمی، مشغول شد (**۱۹۳۸ شکافت هسته‌ای**). پس از پایان جنگ، پرتوزایی کماکان در کار او نقش مهمی بازی کرد.

کربن ١٤ (C_{14})، که نخستین بار در ۱۹٤۰ به وجودش پی بردند، یکی از «ایزوتوپ‌های» (**۱۹۰۷ تامسون**) کربن است، که از لحاظ شیمیایی با آن (کربن) شبیه اما با وزن اتمی متفاوت است. این ایزوتوپ، بر خلاف ایزوتوپ معمولی کربن ۱۲ (C_{12})، پرتوزا (**۱۸۹۹**) است. C_{14} با برخورد پرتوهای کیهانی (**۱۹۱۲ هس**) به اتم‌های نیتروژن، همواره تشکیل و تولید می‌شوند.

C_{14} (به صورت کربن دیوکسید) مانند C_{12} به وسیله‌ی گیاهان و از طریق عمل فوتوسنتز از هوا جذب می‌شود، از این رو در بافت‌های هر گیاه زنده‌ای مقدار کمی «رادیوکربن» (C_{14}) یافت می‌شود، که تا وقتی گیاه زنده است همواره نوسازی می‌شود. وقتی یک گیاه (یا جانور که گیاه حاوی C_{14} را خورده) می‌میرد، دیگر C_{14} جذب نمی‌کند، از این رو مقدار C_{14} در پیکر این موجود زنده شروع به واپاشی می‌کند. لیبی با اندازه‌گیری مقدار C_{14} باقی‌مانده در چیزی که زمانی زنده بوده، مثلاً یک تکه مبلمان چوبی، خاکستر ناشی از آتش چوب، یک قطعه کاغذ پوستی یا جامه‌ی قدیمی یک مومیایی مصری، توانست فاصله‌ی زمانی از وقتی را که این گیاه زنده بوده، تعیین کند.

کربن ١٤ دارای نیمه عمری (**۱۹۰۳ رادرفورد و سادی**) ۵,۷۰۰ ساله است ــ بعد از ۱۰ نیمه عمر (۵۷,۰۰۰ سال) فقط حدود یک میلیونیم رادیوکربن اولیه باقی می‌ماند. همین امر سال‌هایی را که می‌توانیم با عمرسنجی رادیوکربن به عقب برگردیم ــ حداکثر ۶۰,۰۰۰ سال، حتی با حساس‌ترین ابزار برای اندازه‌گیری سطح رادیوکربن ــ محدود می‌کند. با همه‌ی این‌ها، این فناوری برای باستان‌شناسان و تاریخ‌نگاران از ارزش بسیار زیادی برخوردار است.

عمرهایی که از طریق رادیوکربن تعیین می‌شدند، باید «تصحیح» شوند. سطح تابش کیهانی، و بنابراین تولید C_{14} در هوا، در دوره‌های طولانی زمانی تفاوت می‌کند. تصحیح‌ها را می‌توان از طریق مقایسه‌ی عمر رادیوکربنی با عمری که از روش دیگری

به دست آمده، مثلاً از طریق شمردن حلقه‌های درخت، یافت. این تصحیح می‌تواند رقم عمرها را تا صدها سال جابه‌جا کند. این محاسبه همچنین به ما راهی را برای یافتن سطح تابش کیهانی در هر زمان خاص در گذشته و مقایسه‌ی آن با سایر چیزها در محیط، مانند فعالیت خورشید، ارائه می‌دهد.

جیمز وَن اَلِن: کمربند تابش زمین

۱۹۵۸

در اکتبر ۱۹۵۷ اتحاد شوروی سابق، در هنگامه‌ی جنگ سرد، اسپوتنیک ۱، نخستین قمر مصنوعی فرستاده شده به مداری دور زمین، را به فضا پرتاب کرد. و بنابراین «عصر فضا» آغاز شد. بسیاری از پرتاب‌های اولیه‌ی ماهواره‌ها از لحاظ مهندسی ماجراجویانه بودند، و نشان می‌دادند که کشورها با فناوری تکوین یافته برای مقاصد نظامی چکار می‌توانستند انجام دهند و از آن چه استفاده‌ای بکنند. ابزار و تجهیزات علمی چندی به بالا حمل می‌شد، اما همچنان که سفینه‌ی فضایی به نواحی عمدتاً نامکشوف می‌رفت، حتی اندازه‌گیری‌های ساده هم می‌توانست نتایج بزرگی به بار آورد.

سفینه‌های فضایی اولیه‌ی ایالات متحده نوعاً ماهواره‌های *اکسپلورر* بودند؛ ابعاد این ماهواره‌ها به اندازه‌ی توپ بسکتبال بود، با فضایی کافی برای نصب یک شمارگر گایگر و یک فرستنده‌ی رادیویی که نتایج اندازه‌گیری‌ها را به زمین بفرستد. این ابتکار عمل عمدتاً از جانب جیمز ون اَلن، فیزیکدان آمریکایی بود که به نظرش می‌رسید مقادیر زیاد تابش، عمدتاً تکه‌های باردار ماده چون پروتون‌ها و الکترون‌ها، باید به وسیله‌ی لایه‌های گوناگون میدان مغناطیسی زمین به دام افتند و «کمربندی» را تشکیل دهند که ماهواره باید از داخل آن عبور کند.

و درستی این رأی اثبات شد. کمربندهای تابشی ون اَلن را (آن‌ها چند تایند) چنان یافتند که ناحیه‌ای دونات‌شکل از فضا را چند هزار کیلومتری بالای سطح زمین پر می‌کنند. این کمربندها ذرات (پروتون‌ها و الکترون‌ها) را با چنان سرعتی متحرک نگه می‌دارند که به صورت جزئی از تابش کیهانی (**۱۹۱۲ هس**) که از خورشید و فراسوی فضا می‌آیند، به جوّ زمین وارد می‌شوند. قسمتی از این تابش به سطوح پایین‌تر جوّ رخنه می‌کند و نمایش‌های شفق قطبی را، «نورهای شمالی و جنوبی»، در هنگامی که اتم‌های هوا انگیخته و مانند گازهای درون تابلو نئون می‌درخشند، پدید می‌آورند.

ذرات باردار متحرک جریان الکتریکی برقرار می‌کنند؛ جریان‌های الکتریکی میدان‌های مغناطیسی پدید می‌آورند. به این ترتیب بارها در کمربندهای تابشی سبب

لنگش‌ها در میدان مغناطیسی زمین شدند که ۳۰۰ سال پیش از آن مشاهده شده بود (**۱۷۰۲ قطب‌نما**). این لنگش پیوندهای موجود بین رویدادها در سطح زمین و رویدادهای واقع در فضای مجاور را نشان می‌دهد.

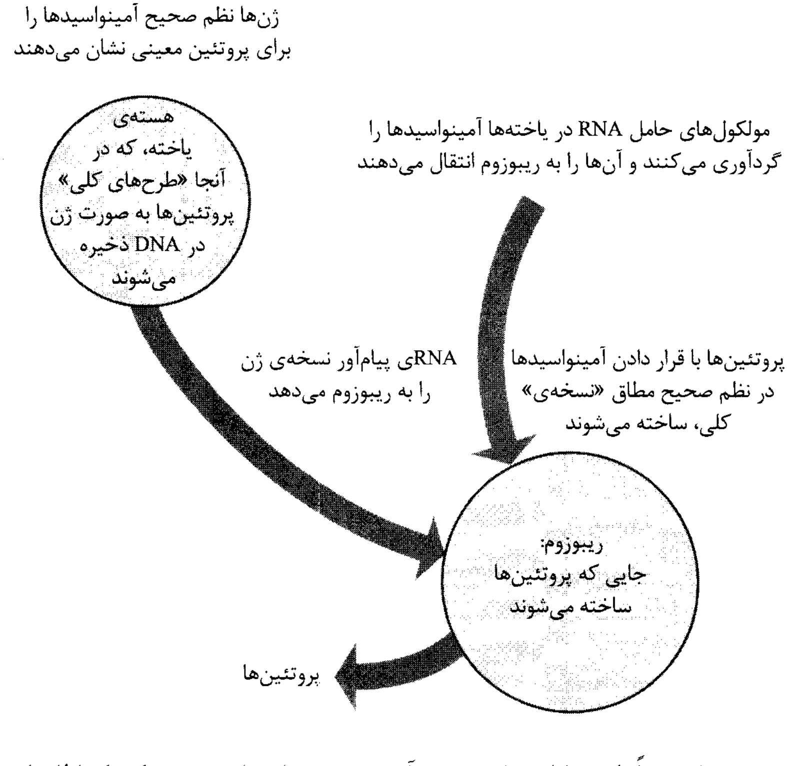
راز و رمز حیات: DNA چگونه پروتئین‌ها را می‌سازد

۱۹۵۹

این پرسش که «حیات چیست؟» پاسخ‌های متعددی دارد. در سال ۱۹٤۹ ادوین شرودینگر اتریشی، که از پایه‌گذاران تأثیرگذار فیزیک کوانتومی به‌شمار می‌آید (**۱۹۲۷**)، اظهار داشت که حیات درباره‌ی اطلاعات است. وی اظهارنظر کرد که موجودات زنده از چیزی شبیه به رمز مورس بهره می‌گیرند؛ آنان اطلاعات درباره‌ی چگونگی ساخت و عملکردشان را ذخیره می‌کنند، و این اطلاعات را از طریق ژن‌هایشان انتقال می‌دهند. می‌توانید بگویید که یک گیاه یا جانور فقط عبارت است از راه و رسمی که ژن‌هایشان ژن‌های بیشتری می‌سازند (مانند مرغ که عبارت است از شیوه‌ای که یک تخم، تخم دیگری را به وجود می‌آورد).

در سال **۱۹۵۳** جیمز واتسون و فرانسیس کریک نشان دادند که کارکرد این رمز چگونه است، چگونه در مولکول‌های DNA جای می‌گیرند که ژن‌ها را می‌سازند و کروموزوم‌هایی که آن‌ها را کنار هم نگه می‌دارند. شم و درک شرودینگر درست بود، هرچند که این رمز از مجموعه‌ی سه نماد بهره می‌گیرد و نه دو نماد (خط و نقطه) در رمزهای مورس. در سال ۱۹۵۸ فرانسیس کریک گزاره‌ای را ثبت کرد که چندان مهم بود که آن را «اصول اعتقادی» می‌شناسند: اطلاعاتی ژنتیکی که در موجودات زنده جریان دارد کلاً یک طرفه است ــ می‌تواند از DNA به پروتئین‌ها انتقال یابد اما نه برعکس. DNA پروتئین‌ها را می‌سازد و می‌تواند خودش را تکثیر کند؛ پروتئین‌ها DNA نمی‌سازند.

این فرایند که به آن وسیله اطلاعات ذخیره شده در DNA را کنترل می‌کند از حدود ۱۹۵۹ در مرکز توجه قرار گرفت. به موضوع تحقیقات عملی و نظری بسیاری تبدیل شد، که سیاهه‌ی آن چندان طولانی است که نمی‌توان همه‌ی آن‌ها را ذکر کرد، هرچند که سیدنی برنر و متیو ملسون آمریکایی و ژاک مونو و فرانسوا ژاکوب فرانسوی ابتدا آن‌ها را برابَر و همسنگَ تلقی کرده باشند. توجه به سوی RNA معطوف شد؛ RNA به DNA شبیه بود اما در سرتاسر یاخته یافت می‌شد و نه در هسته، بنابراین بیشتر محتمل بود که در ساختن پروتئین‌ها نقش فعالی داشته باشد.



این نمودار صرفاً طرح کلی فرایند حیرت‌آور و پیچیده‌ای را تصویر می‌کند که اطلاعات ذخیره شده به صورت DNA را در هسته‌ی یک یاخته به داخل پروتئین‌های کامل گرد آمده در ریبوزوم‌های یاخته منتقل می‌کند. دو صورت RNA نقش‌های کلیدی را بازی می‌کنند؛ RNA پیام‌آور نسخه‌ای از «طرح کلی» را برای پروتئین‌های خاصی که باید گرد آیند فراهم می‌آورد و RNA پیام‌آور مواد خام مورد نیاز را به شکل مولکول‌های آمینواسید گردآوری می‌کند.

آزمایش‌های ابتکاری بسیاری آشکار کردند که فرایند ساختن پروتئین‌ها در یاخته‌های زنده چقدر پیچیده است. RNA، در نقش خود به عنوان پیک اطلاعات، چندکاره است؛ شکل‌هایی از ماده شیمیایی به نقش مختلف بازی می‌کنند. مولکول‌های کوچک RNA حامل آمینواسیدهای خاصی را از «سوپ» داخل یاخته گردآوری می‌کنند، و آن‌ها را به «عامل‌های پروتئین» به نام ریبوزوم، که عمدتاً از RNA ریبوزومی ساخته

شده‌اند، انتقال می‌دهند. مولکول‌های RNA پیام‌آور، با آمینواسیدهای متصل‌شان، در برابر آنچه که عملاً نسخه‌ای از طرح کلی DNA برای پروتئین‌های خاصی است که باید ساخته شوند، صف‌آرایی می‌کنند. آن نسخه از هسته‌ای وارد شده که هنوز هم داخل همشیره‌ی دیگرش، RNA پیام آور است.

نتیجه‌ی نهایی این فرایند ریسمانی از آمینواسیدهای مناسب است که در نظمی مناسب صف‌آرایی کرده‌اند. همین‌که این آمینواسید، را آنزیم‌ها به یکدیگر چسباندند، این ریسمان می‌تواند به صورت پروتئین جدید کاملی کنده و از بقیه جدا شود. پیچیدگی این سامانه در اینجا ختم نمی‌شود. مونو و ژاکوب پی بردند که DNA «دکمه‌های روشن و خاموش» دارد که کنترل می‌کند کدام بیت‌های رمز در RNA پیام‌آور تکثیر و بنابراین کدام پروتئین‌ها ساخته شوند. رویهمرفته، این سامانه‌ای درخور توجه است که قرار است محصول تکامل زیست‌شناختی بدون راهنما و سرمشق است.

راجر اسپری: دو مغز در یک سر

۱۹۶۱

در دهه‌ی ۱۹۵۰ پزشکان به درمان موارد حاد صرع پرداختند، که در آن نواحی وسیع مغز یکدیگر را دچار تشنج می‌کردند، و گاهی گامی بنیادی در انجام جراحی برای قطع این رابطه (جسم پنبه‌ای)[1] بین نیمکره‌های راست و چپ مغز برداشته می‌شد. این درمان گاهی جواب می‌داد؛ بیماران به زندگی معمول و بهنجار در جامعه باز می‌گشتند، بدون آن‌که کسی متوجه شود که اتفاقی افتاده است.

در دهه‌ی ۱۹۶۰ راجر اسپری، فیزیولوژیست آمریکایی (برنده‌ی جایزه‌ی نوبل پزشکی ۱۹۸۱) یک رشته آزمایش را آغاز کرد که نشان داد در واقع چیز متفاوتی وجود دارد. بیماران با چنین مغز تقسیم شده‌ای می‌توانند چنان رفتار کنند که گویی دو مغز مستقل با توانایی‌های متفاوتی دارند. موضوعات و سوژه‌ها وقتی «مغز راست» را به کار می‌گرفتند که باید الگوها یا آرایش‌های فضایی را شناسایی کنند (واژه‌ی «کل‌نگرانه» همین معنا را بیان می‌کند)؛ «مغز چپ» با زبان و ریاضیات و چیزهایی که باید با نظم معینی انجام شوند («منطقی» یا «متوالی») بهتر کار می‌کند و از پس آن‌ها برمی‌آید. گرایش مغز چپ به فراگیری با بهره‌گیری از کلمات است، مغز راست به

---

۱. corpus collosum. نواری از الیاف عصبی که از زیر شیار طولی مغز می‌گذرد و دو نیمکره‌ی مخ را به هم مربوط می‌کند. م

شیوه‌های دیگر متمایل است، مثلاً، استفاده از تصاویر و نگاره‌ها. اسپری دریافت که در قسمت اعظم آموزش، شکل‌های شفاهی (زبانی) فراگیری از شکل‌های غیرشفاهی و غیرزبانی حمایت و پشتیبانی می‌کنند. وی به نحوی تحریک‌آمیز ادعا کرد که «جامعه به طور کلی بر علیه نیمکره‌ی راست تبعیض قائل می‌شود».

آزمایش‌ها در این زمینه هم با بهره‌گیری از انسان‌ها و هم حیوانات آزمایشگاهی به ساختار سیستم عصبی متکی‌اند. به طور کلی، سمت راست بدن، از جمله مثلاً شنیدن با گوش راست را سمت چپ مغز کنترل می‌کند، و سمت چپ بدن تحت کنترل قسمت راست مغز است. در چشمان موضوع تخصصی‌تر می‌شود. وقتی مستقیم به جلو نگاه کنیم، در سمت راست میدان دید آنچه می‌بینیم به مغز چپ مربوط است؛ مغز چپ چیزی را می‌بیند که در سمت راست خط مرکزی نشان داده می‌شود. از آنجا که عموماً مغز چپ است که «صحبت می‌کند»، در حالی که مغز راست «خاموش» است، بیماری که مغز او شکافته است (سمت چپ و راست مغزش مرتبط نیستند) چیزی را که فقط در میدان دید چپ می‌بیند نمی‌تواند آن را با کلمات توصیف کند، هرچند که می‌تواند آن را ترسیم کند و ممکن است قبلاً به راه‌های دیگری به آن پاسخ داده باشند، مثلاً، با سرخ شدن از شرم در صورتی که تصویر «قبیح» باشد.

در نزد اکثر مردم، بین دو نیمه‌ی مغز رابطه برقرار است و رفتار آنان به کارکرد هر دو نیمه با همدیگر، بستگی دارد. با این وجود اکثر مردم راه برتر و مرجحی برای اندیشیدن در اختیار دارند: «مغز چپ» ــ منطقی/ تحلیلی/ صریح ــ یا «مغز راست ــ تصویری (دیداری)/ خلاق/ خیالباف. فراتر رفتن از این مشاهدات مناقشه‌آمیز می‌شود، مانند پای‌فشاری بر این‌که مردان و زنان رجحان و اولویت‌های مغز چپ/ مغز راست مختلفی را نشان می‌دهند و این دو نوع اندیشه غالباً می‌توانند با یکدیگر تداخل کنند، و ما را از انجام عاقلانه‌ترین کارهایمان باز دارند.

موری گِلمن/ ماری گل- مان و گئورگه تسوایک: ذراتی درون ذرات

۱۹۶۳

تا اوایل دهه‌ی ۱۹۶۰ فیزیک بر سر «ذرات بنیادی»، که کل ماده از آن ساخته می‌شود، در بحران به سر می‌برد. تعداد عناصر شیمیایی شناخته شده در اوایل قرن بیستم حالت انفجاری یافت. وقتی تعداد عناصر به ۱۵ یا ۲۰ برابر چهار عنصری رسید که یونانیان باستان سنگ بناهای جهان هستی فرض‌شان کرده بودند، دانشمندان به جستجوی درون آن عناصر پرداختند، با این امید که تعداد کمی ذره‌ی ریزی را بیابند که می‌توانند به شیوه‌هایی گوناگون کنار یکدیگر قرار گیرند تا تمام عناصر باقی‌مانده

را بسازند. آن عناصر یافته شدند؛ تا دهه‌ی ۱۹۳۰ دانسته بودیم که اتم‌ها از پروتون‌ها، نوترون‌ها و الکترون‌ها در قالب ترکیب‌های گوناگونی ساخته می‌شوند.

تقریباً ناگهان تکه‌های جدید ماده آغاز به خودنمایی کرد، تکه‌هایی کوچک‌تر از اتم، شبیه به آن «سه تا گنده» (پروتون، نوترون و الکترون) اما متفاوت با آن‌ها. به زودی تعدادشان به یک دوجین رسید: ذرات K، ذرات V، سایر ذرات با نام‌های یونانی مزون‌های گوناگون، و ناگفته پیداست که پادذرات آن‌ها. برخی از آن‌ها در کسری از ثانیه به وجود می‌آیند و از بین می‌روند، هرچند که همواره به چیز دیگری وامی‌پاشند.

> *انضباطی باشکوه و سراسر گیج‌کننده به نام مکانیک کوانتومی بر فیزیک جدید حاکم است... این انضباط تمامی آزمون‌ها را با موفقیت از سر گذرانده و هیچ دلیلی وجود ندارد که نقص و خدشه‌ای در آن راه یافته باشد... همگی می‌دانیم که چگونه آن را به کار گیریم و چگونه آن را در مورد مسائل اعمال کنیم؛ و از این رو یاد گرفته‌ایم با این واقعیت زندگی کنیم که هیچ کس نمی‌تواند آن را درک کند.*
>
> موری گلمن

در اینجا نیز در جستجوی نظمی درونی بودند، تعداد اندکی از ذرات بنیادی «واقعی» که بقیه‌ی ماده از آن‌ها ساخته می‌شود. موری گلمن و گئورگه تسوایک، دانشجوی تحصیلات تکمیلی، هر دو آمریکایی، مستقل از هم با یک طرح درگیر شدند. این طرح در مورد دو گروه ذرات مرتبط اعمال می‌شد، که بر همه‌ی آن‌ها «نیروی (قوی) وارد می‌آمد»، (**۱۹۳۶**): باریون‌ها (پروتون‌ها، نوترون‌ها و خویشاوند مربوط‌شان) و گروه مزون‌ها، که آشکارا مرتبط‌اند.

بنا بر نظریه‌ی جدید، سه تا از این ذرات *واقعاً* بنیادی وجود دارند؛ گلمن آن‌ها را کوارک نامید، که این نام را از رمان *خواب بیداری فینیگان‌ها*، اثر جیمز جویس، برگرفت: «سه کوارک برای موسترمارک». تسوایک آن‌ها را «تکخال» نامید. این ایده از این قرار بود که گاهی سه تا کوارک و پادکوارک آن در یک زمان گرد هم می‌آیند تا پروتون، نوترون و مانند آن‌ها را تشکیل دهند، و گاه دو تا از آن‌ها ترکیب می‌شوند و مزون‌ها را می‌سازند. سه نوع مختلف کوارک شناسایی و تمیز داده شد: کوارک بالا،

کوارک پایین و کوارک شگفت (این آخری برای این لازم بود که برخی ذرات را توضیح دهند که رفتار «شگفت‌انگیز» داشتند).

در واقع، تمام کوارک‌ها کمی عجیب بودند. برای توضیح دادن این‌که چگونه سه کوارک می‌توانند همدست و متحد شوند تا پروتونی با بار یک بسازند، کوارک باید باری کم‌تر از بار الکترون داشته باشد، یک سوم یا حداکثر دوسوم. به این ترتیب باید از باوری دیرپا ــ این‌که الکترون حامل کم‌ترین بار الکتریکی ممکن است ــ دست شست. اما، این طرح دقیق بود و آنچه را که فیزیکدانان یافته بودند توضیح می‌داد. کاری را هم که جدول تناوبی مندلیف انجام داده بود، انجام می‌داد (**۱۸۶۹**): ذراتی را پیش‌بینی می‌کرد که وجودشان تا آن موقع دانسته نبود، و مشخصاً از میان آنان می‌توان ذره‌ی «اُمگامنها» را یاد کرد، که کوتاه زمانی بعد یافته شد.

گلمن و تسوایک بر سر یک موضوع اختلاف نظر داشتند. گلمن گمان نمی‌برد که کوارک‌ها عملاً و واقعاً وجود دارند؛ آن‌ها را صرفاً راه و روشی مفید برای اندیشیدن، و الگوهای رفتاری تلقی می‌کرد و نه ذرات واقعی. این تلقی شبیه به دیدگاه برخی نسبت به عالم خورشیدمرکزی نیکولا کوپرنیک (**۱۵۴۳**) بود: برای محاسبات مفیدند اما جهان ناگزیر نیست چنین باشد. تسوایک کوارک‌ها را واقعی می‌دانست و شاید می‌شد آن‌ها را یافت. طرح‌های گوناگونی برای جستجوی آن‌ها، مثلاً در پرتو کیهانی (**۱۹۱۲ هس**) یا در شتابگرهای ذرات (**۱۹۵۲ کوسموترون**) ارائه شد، اما هیچکدام به موفقیت ختم نشد. تا مدتی ظاهراً حق با گلمن بود. اگر کوارک‌ها وجود دارند به نظر نمی‌رسید هرگز بتوانیم یکی از آن‌ها را آزاد کنیم و به این ترتیب بتوانیم نگاه دقیقی به آن اندازیم.

اما در درازمدت، حرف تسوایک به کرسی نشست. تنها مشکل عبارت بود از گرد آوردن انرژی کافی برای ایجاد کوارک‌هایی از «هیچ» (**۱۹۹۶**).

ماری و لوئیس لیکی: «خاستگاه آفریقایی» انسان

۱۹۶۴

لوئیس لیکی در جایی زاده شد که امروز آن را کنیا می‌نامند. آنگاه که او برای نخستین بار درگیر جستجوی خاستگاه‌های نژاد آدمی شد، اکثر متخصصان فکر می‌کردند که آدمی در آسیا تکامل یافته است. قدیمی‌ترین سنگواره‌های شناخته شده‌ی انسان، احتمالاً با دیرینه‌ی نیم میلیون سال، در شرق، جاوه و چین، یافته شده و *هومو ارکتوس* (انسان راست قامت) (**۱۸۵۶**) لقب گرفته است. اما، چارلز داروین

درباره‌ی آفریقایی بودن گاهواره‌ی انسان استدلال کرده بود، و لیکی در صدد آزمودن این ایده برآمد. نخستین کشفیات ریموند دارت در سال ۱۹۲٤ که سنگواره‌های انسان مانند را در آفریقای جنوبی یافته بود، او را دلگرم کرد.

کنار هم چیدن و بازسازی تبار آدمی			
گونه‌ها	**زمان زیست**	**هنگامی که نخستی‌ها یافته شد**	**مکان زیست**
«لوسی» (اُسترالوپیتکوس آفریکانوس یا انسان‌نمای جنوب)	۳/۸ تا ۲/۸ میلیون سال قبل	۱۹۷۵ (اتیوپی)	آفریقای استوایی و معتدل
انسان دست‌ورزیده (هومو هابیلیس)	۲/۵ تا ۱/۸ میلیون سال قبل	۱۹۶۴ (تانزانیا)	آفریقای استوایی
انسان فندق‌شکن (پاران تروپوس بوزایی)	۲/۳ تا ۱/۲ میلیون سال قبل	۱۹۵۷ (تانزانیا)	آفریقای استوایی
انسان جاوه انسان راست قامت (هومو ارکتوس)	۱/۸ تا ۰/۲ میلیون سال قبل	۱۸۹۶ (هند شرقی)	آفریقای استوایی و معتدل، آسیا و اروپا
انسان نئاندرتال (هومو ساپینس نئاندرتال)	۲۵۰ تا ۳۰ هزار سال قبل	۱۸۵۴ (آلمان)	اروپا و آسیای غربی
انسان کرومانیون (انسان‌های امروزی ـ هوموساپینس ساپینس)	۲۰۰ هزار سال قبل تا کنون	۱۸۶۸ (فرانسه)	همه جا

در این جدول مشاهده می‌شود که برخی شواهد درباره‌ی تبار ما در ۱۵۰ سال اخیر چگونه گرد آمده است. به طور کلی، هر چه پیش‌انسان‌ها قدیم‌تر می‌زیسته‌اند، سنگواره‌هایشان برای نخستین بار در دوران متأخرتری یافت شده است. بر خلاف متأخرترین نیاکان شناخته شده‌ی ما (انسان نئاندرتال، انسان کرومانیون)، نیاکان باستانی ما در مکان‌های دورتر و غالباً دسترس‌ناپذیر، مانند بخش‌هایی از آفریقا، می‌زیستند.

شواهد جدید درباره‌ی نیاکان ما کماکان دارند ظهور می‌کنند. رابطه‌ی بین این هومینیدها هنوز هم محل مناقشه‌ی فراوانی است. همه‌ی هومینیدهای کهن‌تر نیاکان هومینیدهای متأخرتر نیستند؛ برخی از آن‌ها ممکن است صرفاً منقرض شده باشند.

وی در دهه‌ی ۲۰ عمر خود به جستجوی شواهد و مدارک در تنگِ اولدووای، یک گسستگی به عمق ۱۰۰ متر و به طول ۵۰ کیلومتر در تانزانیای امروز دست زد. همسرش ماری هم بعداً به وی ملحق شد؛ در آن هنگام کار ماری به همان اندازه‌ی کار خود لیکی اهمیت پیدا کرد. ریچارد، پسرشان، نیز در حوزه‌ی تحقیقات منشأ آدمی به وجهه و آوازه‌ای دست یافته، و کار و حرفه‌ی این خانواده به نسل سوم انتقال یافته بود.

فقط پس از ۲۵ سال کندوکاو یک کشف مهم حاصل شد. در سال ۱۹۵۹، ماری استخوان آرواره‌ی موجودی میمون‌نما را یافت که نامش را زینجان تروپوس (انسان فندق‌شکن) نهادند؛ این استخوان در پایین‌ترین سطح نهشته‌های آن تنگ یافته شد، و عمرش را حدود ۱/۷۵ میلیون سال برآورد کردند. این موجود و موجوداتی شبیه آن (اُسترالوپتیسین به معنای «انسان‌نمای جنوبی») از نیاکان ما انسان‌ها از آب درآمد اما نه نیای شمپانزه‌ها و گوریل‌ها.

اگر انسان راست قامت (و انسان اندیشه‌ورز بعدی) از اُسترالوپتیسین منشأ و سرچشمه گرفته‌اند، «حلقه‌های گمشده»، موجوداتی که این شکاف را پر می‌کردند، کجا بودند؟ در سال ۱۹٦٤ یک کشف بسیار مهم و تعیین‌کننده صورت گرفت: در همان لایه‌ی نهشته‌هایی که زینجان تروپوس یافته شده بود، خانواده‌ی لیکی استخوان‌هایی کشف کردند (ابتدا یک آرواره و قسمت‌هایی از یک دست، و بعداً یک اسکلت) حیوانی که آنان آن را انسان دست‌ورزیده نامیدند. لوئیس لیکی استدلال کرد که اینَ موجود راست قامت راه می‌رفته و ابزارهای سنگی می‌ساخته که آن‌ها را از اولدووای از اعماق زمین یافته و بیرون آورده بودند. این پیشرفت عمده‌ای در انسان‌نما به‌شمار می‌آمد، این موجود مغزی بزرگ‌تر و انگشتانی گیره‌وار برای کاربرد ابزار و جنگ‌افزارها داشتند. وی نتیجه گرفت که این موجود باید در جنس *هومو* (واژه‌ی لاتین به معنای «انسان») با *هومو ارکتوس* (انسان راست قامت)، با ما سهیم باشد.

کاوشگران دیگر بعداً استخوان‌های انسان *دست ورزیده* (*هومو هبیلیس*) و موجودات مرتبط در سایر نواحی آفریقای غربی را، عمدتاً در داخل دره‌ی شکافتی بزرگ یافتند، اما در جای دیگر جهان استخوان‌های مشابهی یافته نشده است. به این ترتیب یک «جنس آفریقایی» برای آدمیان بسیار موجه به نظر می‌رسد، با نیاکان *انسان اندیشه‌ورز*، از جمله انسان راست قامت، که از آفریقا به سایر بخش‌های این سیاره مهاجرت کرده‌اند.

ویلیام همیلتون: تکامل نوع‌دوستی

۱۹۶۴

مقاله‌ی *تکامل ژنتیکی رفتار اجتماعی* به قلم ویلیام همیلتون، زیست‌شناس بریتانیایی، را که در سال ١٩٦٤ منتشر شد، هرچند که پذیرفتنش دشوار باشد، معمولاً پُر استنادترین مقاله در تاریخ علم به‌شمار می‌آورند، که اکثر پژوهشگران در رسالات و نوشتگان‌شان به آن ارجاع داده‌اند، حتی بیشتر از آلبرت اینشتین. همیلتون را تأثیرگذارترین داروینیست از زمان خود چارلز داروین نامیده‌اند. مقاله‌ی او رشته‌ی به کلی جدیدی از تفکر در میان زیست‌شناسان را راه انداخت، که اکنون برای رفتار در انگیزه‌ی داروینی موجودی زنده در جهت به حداکثر رساندن امکان بقای ژن‌هایش، توضیحاتی می‌یابند. معمولاً این حوزه را اکنون «زیست‌شناسی اجتماعی» می‌خوانند.

مفهوم کلیدی در نزد همیلتون تصور و ایده‌ی خویشاوندی بود. این مفهوم به افراد دیگری رجوع می‌شود که فرد خاصی در ژن‌هایش با آن‌ها سهیم است. آنچه در تکامل اهمیت دارد عبارت است از این‌که ژن‌ها به جلو و تا نسل بعدی پیش می‌روند، و آنقدر مهم نیست که چگونه این مسیر را طی می‌کنند. از این رو آنچه که غالباً رفتار نوع‌دوستانه و ایثارگرانه به نظر می‌رسد ــ بار آوردن فرزندان خواهر برادرتان به جای فرزند خودتان یا حتی فدا کردن زندگی‌تان به‌خاطر نجات خویشان ــ درک کاملی در چارچوب تکامل فراهم می‌آورد، و از این رو بنا بر انتخاب طبیعی ذاتی افراد خواهد بود.

با بیان موضوع به زبان ریاضیات، که همیلتون کاملاً قادر به این کار بود، یک فرد باید خودش را برای نجات دادن هشت عموزاده، یا چهار برادرزاده یا خواهرزاده، یا دو خواهر و برادر، یا یک همزاد قربانی کند (دست‌کم در چارچوب توالد و تناسل شخصی)، زیرا به طور متوسط عموزادگان (یا خاله و دایی‌زادگان) در ۱۲/۵ درصد ژن‌ها سهیم‌اند، برادر و خواهرزاده‌ها در ۲۵ درصد، خواهران و برادران در ۵۰ درصد و همزادتان در ۱۰۰ درصد. در تمامی این موارد، مجموع ژن‌های معادل با ژن‌های خودتان تا نسل بعدی پیش خواهد رفت.

این امر همچنین توضیح می‌دهد که چرا رفتار ایثارگرانه و حتی فدا کردن خویش در اجتماعات مورچگان و زنبورهای عسل معمول و متداول است، زیرا آن‌ها همگی نوادگان یک ملکه و زنبورهای عسل نرند و در نتیجه در اکثر ژن‌هایشان سهیم‌اند. این برداشت را می‌توان تعمیم داد تا شرایطی را دربر گیرد که در آن‌ها یک فرد از لحاظ ژنتیکی با اطرافیان‌شان مرتبط‌اند اما به همکاری یا دسترسی‌شان به منابع برای بقای فرزندان و اخلاف‌شان وابسته‌اند. بنابراین، رفتار اجتماعی کاملاً پیشرفته نه تنها می‌تواند بر بقای گروه تأثیر گذارد بلکه بر پیوندهای خویشاوندی در گروه هم اثرگذارند.

همیلتون در پی سفری اکتشافی به کنگو برای گردآوری شواهد و مدارکی مبنی بر این‌که بیماری ایدز (ویروس HIV) از آزمایش‌های ناشیانه در مایه‌کوبی‌های متضمن میمون‌ها ناشی شده است، بر اثر ابتلا به مالاریا درگذشت. این موضوع کماکان محل مناقشه است.

سیریل هازارد و مارتن اشمیت: ستارگانی که ستاره نبودند

۱۹۶۴ در سال ۱۹٦۲ سیریل هازارد رهسپار بیابان‌های استرالیا شد تا از تلسکوپی رادیویی که به تازگی تکمیل شده بود استفاده کند. وی به یک شیء آسمانی به نام 3C273 علاقمند بود زیرا مکانش در کاتالوگ سوم کمبریج به وسیله‌ی ستاره‌شناس رادیویی پیشگام، مارتین رایل (**۱۹۵۰ مهبانگ**) و گروه تحقیقاتی وی در دانشگاه کمبریج تعیین و تدوین شده بود. در این کاتالوگ چشمه‌های ریز نوفه‌ی رادیویی پراکنده در میان ستارگان اما بدون ارتباط ظاهری با چیزی قابل رؤیت با تلسکوپ را فهرست کرده بودند.

در آن زمان، تصویرهای نجوم رادیویی به طور گریزناپذیری بسیار مبهم‌تر و تارتر از عکس‌هایی بودند که تلسکوپ‌های معمولی (نوری) می‌گرفتند، از این‌رو تشخیص دادن چیزی مرئی در آن بیرون که نوفه‌ی رادیویی هم گسیل کند، یک چالش به‌شمار می‌آمد. ایده‌ی هازارد بهره‌گیری از ماه به عنوان نوعی دریچه‌ی کرکره‌ای بود. موضع ماه در آسمان را می‌شد با دقت زیادی محاسبه کرد، از این رو با زمان‌گیری لحظه‌ی گذار ماه از مقابل چشمه‌ی رادیویی و قطع سیگنال، او توانست دقیقاً نشان دهد چشمه‌ی رادیویی کجاست.

عکس‌های گرفته شده از نقطه‌ای از آسمان که 3C273 در آنجا پنهان شده بود چیز بسیار عجیبی از کار درآمد ــ لکه‌ای که شبیه ستاره به نظر می رسید، اما با رگه‌ای از نور که از یک طرف بیرون زده بود. در جاهای دیگری اشیای مشابهی یافته شدند که مشخصه‌های خاص خودشان را داشتند. نام اختروش[1] به معنای «شیء شبه‌ستاره‌ای»[2] ظاهراً برای چنین چیزهایی بجا و مناسب بود، اما آن‌ها کجا بودند؟

مارتن اشمیت، ستاره‌شناس هلندی‌تبار، که حالا در ایالات متحده‌ی آمریکا کار می‌کرد، گام بعدی را برداشت. وی با بهره‌گیری از تلسکوپ ۵ متری مونت پالومار در کالیفرنیا، بزرگ‌ترین تلسکوپ جهان در آن هنگام، اقدام به اندازه‌گیری انتقال به سرخ

1. puasar 2. Puasi-stellar object

(**۱۹۱۲ اسلایفر**) 3C273 کرد. این اندازه‌گیری به سرعت حرکت آن دلالت می‌کرد. اما این اندازه‌گیری به هیچ معنایی ختم نشد. وی نتوانست خطوط طیفی متمایزی را بیابد که انتظار داشت آن‌ها در آنجا باشند. تنها توضیح محتمل ظاهراً نپذیرفتنی بود. این خطوط نسبت به انتقال به سرخ هر ستاره‌ی شناخته شده‌ای، بسیار بیشتر به سرخ انتقال یافته بودند. به این ترتیب 3C273 ستاره‌ای در راه شیری ما نبود، بلکه بسیار فراسوی آن، در سایر کهکشان‌ها قرار داشت. 3C273 با سرعتی حدود ۱۵ درصد سرعت نور در حرکت بود و از این رو بنا بر ثابت هابل فاصله‌اش از ما حدود ۲ میلیارد سال نوری بود. این حد نصابی بر جای ننهاد؛ کهکشان‌هایی هم سریع‌تر و هم دورتر را قبلاً شناخته بودند. اما 3C273 نسبت به حتی کهکشان بزرگی که در آن فاصله ظاهر می‌شد، ۱۰۰۰ بار درخشان تر بود. با این احوال، یک تک نقطه‌ی نورانی بود. احتمالاً چه چیزی می‌توانست چنین انرژی زیادی را رها کند؟ در آن زمان هیچکس اطلاعات قطعی در این مورد نداشت (**۱۹۹۹**).

آرنو پنزیاس و رابرت ویلسون: نبرد مهبانگ (دور دوم)

۱۹۶۵

از حدود سال ۱۹۵۰ دو نظریه‌ی رقیب درباره‌ی منشأ و خاستگاه جهان هستی، هر یک با پشتیبان‌ها و خرده‌گیرهایش، وجود داشته است: مهبانگ بر علیه حالت پایا؛ عالمی که طی زمان در مقایسه با عالمی که بی‌تغییر باقی مانده، دستخوش دگرگونی شده است. هر دو طرف ایده‌ی «عالم در حال انبساط» (**۱۹۲۹**) را پذیرفته‌اند ــ بنا بر این ایده، بسیاری از کهکشان‌ها چون راه شیری خودمان، یا دست‌کم گروهی از کهکشان‌ها، دارند دور می‌شوند.

هر دو نظریه مشکلات و مسائلی داشتند. پیروان نظریه‌ی مهبانگ بر این باور بودند که جهان هستی زمانی فوق‌العاده چگال و داغ بوده است، در واقع بینهایت چگال و داغ، و ماده و انرژی آن از آن موقع به بعد پراکنده و سرد شده، و پس از چگالیده شدن به صورت ستارگان و کهکشان‌ها درآمده است. اما آیا قوانین موجود فیزیک می‌توانستند در چنین شرایط حادی کارآمد باشند؟ از نظر هواداران نظریه‌ی حالت پایا، عالم می‌توانست بی‌تغییر باقی بماند فقط اگر کهکشان‌های جدیدی در فضاهایی ظاهر می‌شدند که کهکشان‌های موجود از آنجا دور شده باشند. اما آیا چنین روند خلق و ایجاد مداومی قوانین پایستگی ماده و یا انرژی را به هم نمی‌زد؟ (**۱۹۰۷ اینشتین**)

نظریه‌ی مهبانگ اعتبار بیشتری را دست و پا کرده بود. این نظریه با شیوه‌ی

گسترش و پراکندگی کهکشان‌ها در فضا، آن‌طور که به نظر می‌رسیدند، منطبق بود. این نظر همچنین می‌توانست مقادیر ایزوتوپ‌های گوناگون هیدروژن و هلیم را که تجزیه‌ی نور گسیلی از ستارگان آن‌ها را آشکار می‌کرد، توضیح دهد. این یکی از دو «یادگاری» بود که رالف آلفر و جورج گاموف، فیزیکدانان آمریکایی، در پیش‌بینی مهبانگ از خود باقی نهاده بودند.

یادگاری دیگر تابش بازمانده از آتشگوی اولیه باید باشد. همچنان که جهان هستی رشد می‌کرد و سرد می‌شد، هسته‌های هیدروژن و سایر عناصر قادر بودند الکترون‌ها را به دام اندازند و نگه دارند، و از این رو اتم‌های کامل را برای نخستین‌بار تشکیل دهند. در آن لحظه، که حدود ۳۰۰,۰۰۰ سال بعد از آغاز و منشأ بود، تابش فرابنفش به دام افتاده در میان ذرات ناگاه به صورت درخش بسیار عظیمی فرار کرد. چنین تابشی باید هنوز هم باقی مانده باشد، هرچند که دچار دگرگونی بسیاری شده است. گسترش جهان هستی از آن هنگام این تابش را امتداد داده و سرد کرده و به صورت لایه‌ی نامحسوس و ضعیفی از امواج رادیویی، یعنی «تابش زمینه‌ی کیهانی»، درآورده است. آن فیزیکدانان آمریکایی پیش‌بینی کردند که این تابش با الگوی انرژی گسیلی از جسم کاملاً سیاه در دمای ۲/۷ درجه بالای صفر مطلق شبیه است.

هیچ کس به جستجوی این یادگاری برنخاست؛ در آن زمان قابل آشکارسازی تصور نمی‌شد، در سال ۱۹٦۵ به تصادف یافته شد. آرنو پنزیاس و رابرت ویلسون در کمپانی تلفن بل کار می‌کردند و کارشان تعیین مکان و موضع چشمه‌ی رادیویی تداخلی با کانال‌های مخابراتی و ارتباطی بود که به ماهواره‌ها تعلق داشتند. این کار طی کردن مجدد راهی بود که کارل یانسکی رفته و به کشف امواج رادیویی گسیلی از راه شیری، در سال **۱۹۳۲** انجامیده بود. با وجود تلاش پنزیاس و ویلسون برای قطع تمامی تداخل امواج، آنان هنوز هم صدای فش فش ضعیف نوفه‌ای را می‌شنیدند که، مطابق پیش‌بینی آلفر و گاموف، از تمامی پهنه‌ی آسمان می‌آمد. حتی دمای این تابش هم همان بود که آنان گفته بودند. این مدرک توانمندی بود مبنی بر این‌که جهان هستی زمانی فوق‌العاده داغ و چگال بوده است.

هواداران دیدگاه عالم حالت پایا (**۱۹۵۰**) در توضیح تابش زمینه‌ی کیهانی مشکل جدی داشتند، زیرا بنا بر استدلال آنان جهان هستی ما همواره همین طور که به نظر می‌رسد، بوده است. به این ترتیب مهبانگ به طور کلی به عنوان توصیفگر روزهای اولیه، یا حتی ثانیه‌های اولیه‌ی حیات کیهان ما پذیرفته شد. پژوهشگران دیگری روی این نظر کار کردند (**۱۹۸۰ گوث**)، و مطالعات جامع‌تر پیرامون تابش زمینه‌ی کیهانی

باید به برخی جزئیات پاسخ دهند (**۱۹۹۲ کاوشگر زمینه‌ی کیهانی/ کوبه**). اکثریت ستاره‌شناسان اکنون می‌پذیرند که عالم، آغازی و سرچشمه‌ای داشته است. هنوز هم درباره‌ی چگونگی پایان آن (و حتی این‌که اگر پایانی در کار باشد) مباحثه می‌کنند.

مارشال نیرنبرگ: تکمیل شدن رمز ژنتیکی

۱۹۶۶

فراگیری خواندن رمز ژنتیکی یکی از بزرگ‌ترین دستاوردهای قرن بیستم، و در تاریخ زیست‌شناسی به‌شمار آمد. در سال **۱۹۵۳** جیمز واتسون و فرانسیس کریک چگونگی کارکرد این رمز را، با گروهی از سه «حرف» (در واقع مواد شیمیایی به نام باز) که هر کدام آمینواسیدها را نشان می‌دادند، کشف کرده بودند. اما پی بردن به این‌که کدام‌یک از این گروه‌های سه‌گانه (به نام کادون) با کدام آمینواسید همراه است، یک دهه‌ی دیگر وقت پژوهشگران را به خود اختصاص داد. نخستین نتیجه‌ی مطلوب و مناسب در سال ١٩٦١، به وسیله‌ی مارشال نیرنبرگ، زیست‌شناس آمریکایی، به دست آمد.

این نتیجه مسابقه‌ای را به وسیله‌ی تعدادی از گروه‌های تحقیقاتی برای تکمیل کردن بقیه‌ی نتایج به راه انداخت. به طور کلی روش مشابهی به کار گرفته شد: تکه‌ای از RNA انتقالی (**۱۹۵۹**) با نظم شناخته شده‌ای از بازها در آمیزه‌ای از آمینواسیدها امکان سست شدن یافت تا ببیند کدام یک را می‌تواند برگیرد. تا ١٩٦٦ تمام ترکیب‌ها کشف شده بودند، که معنی این رمز برای RNA را ارائه می‌داد. این امر با رمز مربوط به DNA یکسان است به استثنای جایگزینی یک حرف. فقط ٢٠ آمینواسید و ٦٤ راه گزینش و آرایش سه حرف در کادون وجود دارد، از این رو برخی آمینواسیدها را با بیشتر از یک کادون نشان می‌دهند. برخی ترکیب‌های استفاده نشده کارکردهای دیگری دارند، مانند عمل نقطه‌گذاری برای مشخص کردن آغاز یا پایان یک پیام.

خواندن این رمز پیروزی بزرگی را در زیست‌شناسی رقم زد. اکنون می‌توانستیم بین DNA در یک ژن موجود زنده، از جمله ما انسان‌ها، با پروتئین‌های مشخص گوناگون، و سپس با ساختارها و فرایندهای جسمی که آن پروتئین‌ها را ساخته یا کنترل می‌کنند، ارتباط برقرار کنیم. تغییری در یک ژن، مثلاً از طریق جهش ژنتیکی، پروتئینی را که به نحوی مسئول آن بوده و شاید عامل بیماری یا معلولیت بوده، تغییر خواهد داد. حالا دیگر بهره‌گیری از «مشاوره‌ی» ژنتیکی یا ژن «درمانی»، برای تصحیح نقص ژن، امکان‌پذیر شده بود. مهندسی ژنتیک هم در آینده‌ای نزدیک تحقق پذیرفت (**۱۹۷۲**).

لین مارگولیس: یاخته‌هایی که درون یاخته‌ها زندگی می‌کنند

۱۹۶۷ در بادی امر، یک سلول گیاهی یا جانوری شیء ساده‌ای است؛ قطره‌ی میکروسکوپیکی، یعنی با یک جداره از یک نوع به دورش، و چند نقطه‌ی دیگراز رنگ دیگر در درونش، چندین دهه پیشرفت با میکروسکوپ‌های هرچه قوی‌تر پیچیدگی‌های پنهان یاخته‌ها را آشکار کرده است (۱۸۳۸). اکنون می‌دانیم که یاخته‌ها ساختارها و سامانه‌های بسیار پیچیده‌ای دارند، از جمله سامانه‌های ذخیره‌سازی و رها کردن انرژی. در یاخته‌های گیاهی و جانوری، سرچشمه‌های عمده‌ی انرژی میتوکندری‌هایند، که انرژی را از غذا آزاد می‌کنند. یاخته‌های گیاهان سبز حاوی کلروپلاست هم هستند، که عمل عکس را انجام می‌دهند؛ این‌ها انرژی را (از نور خورشید) به دام می‌اندازند و آن را از طریق عمل کلروفیل به قندها و سایر مواد غذایی تبدیل می‌کنند.

درباره‌ی این ذرات کوچک یاخته معماهای فراوانی وجود دارد، معماهایی که در اواخر دهه‌ی ۱۹٦۰ نخستین بار لین مارگولیس، زیست‌شناس آمریکایی نظریه‌ای خیره‌کننده برای خاستگاه آن‌ها ارائه داد. بنا بر ادعای وی، هم میتوکندری‌ها و هم کلروپلاست‌ها زمانی موجودات باکتری‌مانندی آزادزی بودند که دیرزمانی قبل در درون موجودات تک یاخته‌ای دیگر خانه کرده بودند (ممکن است در ابتدا صرفاً خورده شده باشند) و بعداً برای یکدیگر لازم و ملزوم شده بودند. مارگولیس آن را «درون‌همزیستی»[1] نامید.

مارگولیس شواهدی قوی برای این ایده گردآوری کرد، که تاکنون بر تعداد آن‌ها افزوده شده، تا جایی که توضیح و توجیه او پذیرش گسترده‌ای یافته است. هم میتوکندری‌ها و هم کلروپلاست‌ها حاوی برنامه‌های تولید مثل و بازتکثیر خاص خودشان هستند؛ هر دو دارای DNA هستند و یک رمز ژنتیکی دارند که کاملاً با رمز ژنتیکی کل یاخته فرق می‌کند، اما با رمز باکتری‌ها یکسان است. این‌ها در هنگام تقسیم شدن یاخته به دو قسمت تقسیم می‌شوند و، آن‌طور که به نظر می‌رسد، و تحت فرمان‌های صادر شده از هسته‌ی یاخته ساخته نمی‌شوند. غشاهایی که آن‌ها را در بر می‌گیرند نیز متمایز و مجزایند و به غشای باکتریایی شبیه‌اند. کلروپلاست‌ها از بسیاری جهات به آبی‌ترکیزگان آزادزی شبیه‌اند، که می‌توانند عمل فتوسنتز را هم انجام دهند. سنگواره‌های این موجودات زنده از جمله‌ی نخستین شواهد و مدارک حیات بر کره‌ی زمین، چندین میلیارد سال قبل، به‌شمار می‌آیند (۱۹۹۳).

---

1. endosymbiosis

پنج قلمرو حیات		
	مشخصه‌ها	مثال‌ها/ تقسیم‌بندی‌های عمده
مونرا	• تک‌یاخته‌ای‌ها • یاخته‌های بدون هسته • برخی‌عمل‌فتوسنتز انجام می‌دهند • بسیاری به‌طور مستقل حرکت می‌کنند	• باکتری‌ها • سیانوباکتری‌ها در صورتی که عمل فتوسنتز انجام دهند
آغازی‌ها یا موجوادت تک‌سلولی	• عمدتا تک‌یاخته‌ای‌ها (برخی از آن‌ها به صورت کلنی یا اجتماع گرد می‌آیند) • یاخته‌های دارای هسته • گاهی فتوسنتز انجام می‌دهند • بسیاری به‌طور مستقل حرکت می‌کنند	• گیاه‌مانند (با عمل فتوسنتز): «جلبک‌ها»، بسیاری از گیاهان آب‌زی، پلانکتون گیاهی در اقیانوس • جانورمانند (بدون عمل فتوسنتز)، مشهور به «آغازی‌ها» (protozoa): آمیب، خیسه، پلانکتون‌های جانوری در اقیانوس‌ها
قارچ‌ها	• عمدتا چند یاخته‌ای • یاخته‌های دارای هسته • عمل فتوسنتز انجام نمی‌دهند • به‌طور مستقل حرکت نمی‌کنند	• قارچ‌های خوراکی، کپک‌ها، رنگ‌های گیاهی • مخمرها (تک‌یاخته‌ای)
گیاهان	• چند یاخته‌ای • یاخته‌های دارای هسته • جداره‌ها یا هسته‌ها از جنس سلولز • انجام عمل فوتوسنتز • بدون حرکت مستقل • ساختارشان ممکن است پیچیده باشد	• ساقه‌دار (بقیه‌ی گیاهان غیر از خزه‌ها) • بدون ساقه (مثلاً، خزه‌ها) • با گرده/ بدون جنسیت (مثلاً، سرخس‌ها) • واجد جنسیت اما بدون گل (کاج‌ها) • واجد جنسیت/ گل‌دار
جانوران	• چند یاخته‌ای • یاخته‌های دارای هسته • بدون انجام عمل فتوسنتز • دارای حرکت مستقل • معمولاً دارای ساختار پیچیده • دارای اندام‌های حسی تخصصی	• کیسه‌تنان (مرجانیان) (دارای حرکت جسمانی): عروس (ستاره‌ی) دریایی، شقایق‌های وحشی • کرم‌های حلقوی (کرم‌های بندبند): کرم خاکی • نرم‌تنان (با حرکت‌های آهسته): حلزون‌ها، صدف‌داران (خرچنگ‌های خوراکی)، اسکویید (ده پا) • بندپایان (با پاهای مفصل‌دار): حشرات، عنکبوت‌ها، سخت‌پوستان • مازه‌داران (با مغز تیره یا نخاع): ماهیان، دوزیستان، خزندگان، پرندگان، پستانداران

خانم مارگولیس معتقد بود که عنصر جدید مهمی را به نظریه‌ی تکامل داروین (**۱۸۵۹**) پنج قلمرو حیات افزوده است. داروین خودش سرچشمه‌های تغییرات بین افراد یک گونه را که چیزی برای کارکرد انتخاب طبیعی فراهم می‌آورند، نشناخت. بعداً، دیگران جهش‌های ژنتیکی را پیش کشیدند (**۱۹۰۱**). مارگولیس استدلال کرد که درون همزیستی، که هر یاخته به آن وسیله اطلاعات ژنتیکی اضافی از سازگان‌هایی که بلعیده، کسب می‌کند، منبع بسیار مهم‌تری برای تغییرات، بخصوص برای سازگان‌ها و نخستین مراحل تکامل.

اندیشیدن پیرامون خاستگاه محتویات سلولی مارگولیس را به ارائه‌ی راه جدید رده‌بندی موجودات زنده هدایت کرد؛ تقسیم‌بندی ساده‌ی قدیمی به «قلمروهای» گیاهی و جانوری، از دیرباز ناکافی شده و کارآیی خود را از دست داده بود. طرح وی (رقیب‌هایی دارد) دارای سه قلمرو دیگر است که رویهمرفته پنج قلمرو برای حیات را تشکیل می‌دهند. یکی شامل باکتری‌هاست، که یاخته‌ی آن‌ها بدون هسته است (به زبان تخصصی به این‌ها پیش‌هسته می‌گویند). دومین رده آغازیان هستند، اندامگان‌های تک یاخته‌ای چون آمیب‌ها که به تنهایی یا به صورت اجتماع (کلنی) زندگی می‌کنند. سومین رده حاوی قارچ‌هایند، از مخمرها تا قارچ‌های خوراکی. قارچ‌ها و آغازیان (که زمانی پیش‌زیان یا جانوران تک یاخته‌ای خوانده می‌شدند)، مانند گیاهان و جانوران، دارای هسته هستندکه DNA در آن ذخیره می‌شود (یعنی، همگی ایوکاریوت هستند). هم گیاهان و هم جانوران بس‌یاخته‌ای‌اند و غالباً دارای سازماندهی پیچیده‌اند؛ یکی از تفاوت‌های عمده‌ی آن از این قرار است که گیاهان عمل فتوسنتز را هم انجام می‌دهند.

ژوسلین بل و آنتونی هیوئیش: پیام‌های «انسان سبز کوچک»

۱۹۶۷ در سال ۱۹٦۷ ژوسلین بل، دانشجوی تحصیلات تکمیلی، مشغول پایش سیگنال‌های رادیویی بود که یک تلسکوپ رادیویی جدید آن‌ها را گردآوری می‌کرد؛ این تلسکوپ را استاد راهنمای وی، آنتونی هیوئیش، در دانشگاه کمبریج راه انداخته بود. آنان در جستجوی تعداد بیشتری اختروش نویافته (**۱۹٦٤ هازارد و اشمیت**) بودند اما چیز دیگری به جای آن‌ها نصیب‌شان شد. بل یک چشمه‌ی نوفه‌ی رادیویی یافت که در حال «نوسان» بود. چندین بار در هر ثانیه با ترتیبی بسیار منظم ضعیف و قوی می‌شد. هیچ کس با اطمینان نمی‌دانست که چه چیزی آن را از ابتدا راه انداخته است. مدتی آن را LGM1 یا «انسان سبز کوچک» نامیدند؛ پیشنهادی نه چندان جدی مبنی بر این‌که هوشمندان فرازمینی که این سیگنال‌ها را می‌فرستادند در فهرست

منابع ممکن نوفه‌ی نوسانی یاد شده قرار داشتند.

آن توضیح و تشریح خاص دیری دوام نیاورد. آشکار بود که منبع یاد شده در فاصله‌ای بسیار دور قرار دارد. بل نخستین «تپ اختر» را یافته بود، هرچند که این ستاره به درون و بیرون نمی‌تپید بلکه با سرعت بسیار زیادی می‌چرخید. این کشف به کلی هم نامنتظره نبود. رمبش شدید و ناگهانی ستاره‌ای بسیار بزرگ برای تشکیل شدن یک اَبَر نواختر را پیش‌بینی کرده بودند که چنین یادگاری از خود باقی می‌گذارد، جسم آسمانی اَبَر چگالی به نام ستاره‌ی نوترونی (**۱۹۳۶تسوایک**). این ستاره پس از رمبش، چرخیدن هرچه سریع و سریع‌تر را آغاز می‌کند. این ستاره میدان مغناطیسی بسیار قدرتمندی را هم برقرار می‌کند و تاباندن تابشی را مانند یک چراغ دریایی آغاز می‌کند. یک تپ امواج رادیویی در هر بار که ناظر باریکه‌ی نور را می‌روبد، ثبت می‌شود. به این ترتیب به نظر می‌رسید که تپ اخترهای نویافته همان ستارگان نوترونی پیش‌بینی شده باشند.

تپ اختران معمولاً در میانه‌ی ابرهای گاز در حال انبساطی یافت می‌شوند که اَبَر نواختران از خود باقی نهاده‌اند. برخی از آن‌ها تپ‌های نور مرئی و نیز سیگنال‌های رادیویی گسیل می‌کنند. چرخش تپ اختران چندان منظم است که به زودی آن‌ها را دقیق‌ترین ساعت‌های کیهان قلمداد کردند، اما حرکتشان با گذشت زمان کندتر هم می‌شود. آهنگ چرخش و آهنگ کند شدن چرخش حاکی از آن است که ابر نواختر در چه زمانی همین تازگی‌ها ظهور کرده است. اندازه‌گیری‌ها در مورد تپ اختران نخستین شواهد را در مورد وجود «امواج گرانشی» در اختیار ما قرار داده‌اند (**۱۹۷۳**).

در سال ۱۹۷٤ هیوئیش در جایزه‌ی نوبل فیزیک با همکارش در کمبریج، مارتین رایلی (**۱۹۵۰ مهبانگ**) سهیم شد؛ این نخستین جایزه‌ی نوبلی بود که به خاطر کار در زمینه‌ی نجوم رادیویی اهدا می‌شد. بل را در این جایزه سهیم نکردند، هرچند که این خانم به کشف بسیار مهمی نایل آمده بود، و هویش در ابتدا نسبت به کشف او شک و تردید روا داشته بود.

شلدون گلاشو، عبدوالسلام و استیون واینبرگ: نخستین جستجوی جدی وحدت

۱۹۶۷

در گذر قرن‌ها، علم همواره بسیار به موضوع یافتن وحدت در میان رویدادها و موجوداتی بوده است که به نظر بسیار متفاوت می‌رسیدند. بسیاری دانشمندان، هم در حال حاضر و هم در گذشته، با این باور انگیخته شده‌اند که بین

پدیده‌های مختلف، مثلاً بین موجودات زنده و غیر زنده، روابطی برقرار است (**۱۸۲۸**). در قرن نوزدهم، آزمایش‌های مایکل فاراده (**۱۸۳۱**) و نظریه‌های جیمز کلرک مکسول (**۱۸۷۱**) نشان دادند که الکتریسیته و مغناطیس در هم تنیده‌اند و میان آن‌ها رابطه‌ی درونی برقرار است. کار آنان نور و نیز سایر شکل‌های تابش الکترومغناطیسی، مانند گرما، امواج رادیویی و پرتوهای ایکس را در بر می‌گرفت.

مکسول و فاراده نمی‌دانستند که قرن بیستم فیزیک کوانتومی را، با تکه (بسته)های انرژی (فوتون‌ها) و بار (الکترون‌ها)، به ارمغان می‌آورد. با وارد کردن این استلزامات در نظریه‌ی مکسول الکترودینامیک کوانتومی (QED) پدید آمد، که چگونگی برهم‌کنش نور و ماده در مقیاس‌های بسیار کوچک را توضیح می‌دهد.

در گوشه‌ی دیگر آزمایشگاه جهانی، نظریه‌ی دیگری داشت شکل می‌گرفت. در این نظریه واپاشی بتا (**۱۸۹۹ پرتوزایی**)، شکلی از پرتوزایی که الکترون آزاد می‌کند، پرداخته می‌شد. نیرویی که این پرتوزایی را تغذیه می‌کرد بسیار ضعیف‌تر (در واقع یک میلیون بار ضعیف‌تر) از نیروی ربایش بین بارها یا میدان‌های مغناطیسی (نیروی الکترومغناطیسی) به نظر می‌رسید، از این‌رو آن را «نیروی ضعیف» نامیدند. این نیرو فقط در فواصل بسیار کوتاه ـــ کوتاه‌تر از قطر یک تک اتم ـــ وارد می‌آمد، بر خلاف نیروی الکترومغناطیسی که می‌تواند در فواصل زیاد ـــ دست‌کم چندین کیلومتر در جریان آذرخش ـــ وارد آید و تأثیر کند.

با همه‌ی این‌ها اذهان روشن و تابناک می‌توانند بین این دو نیرو رابطه برقرار و آن‌ها را یک‌جا جمع کنند. در سال ۱۹٦٧، دو آمریکایی به نام استیون واینبرگ و شلدون گلاشو، و عبدوالسلام پاکستانی‌تبار، که در ایتالیا تحقیق می‌کرد، که عمدتاً مستقل کار می‌کردند، طرح جدیدشان، نظریه‌ی «الکتروضعیف» را اعلام کردند.

این سه پژوهشگر با تکیه بر بینش و نظر سرنوشت‌ساز هیدکی یوکاوا (**۱۹۳٦**) نتیجه گرفتند که این نیروهای زیراتمی عامل تبادل نوعی از ذرات‌اند. آنان برای این‌که همه چیز را توضیح دهند، پی بردند که چهار ذره لازم است. یکی فوتون کاملاً شناخته شده (**۱۹۰۵**) بود، که با سرعت نور حرکت می‌کند و بنابراین باید بدون جرم باشد. این ذره حامل نیروی الکترومغناطیسی است. سه ذره‌ی دیگر با نیروی ضعیف درگیر و مرتبط بودند. این سه ذره باید جرم می‌داشتند، زیرا برد بسیار کوتاه نیروی ضعیف به این معنا بود که باید نسبتاً به کندی حرکت کنند. علیرغم این تفاوت‌ها، این چهار ذره یک خانواده را تشکیل می‌دهند، با بسیار مشترکات؛ مانند هر خانواده‌ای، در میان اعضای آن انتظار وجود تفاوت‌هایی می‌رفت (فیزیکدانان دوست دارند این تفاوت‌ها

و تمایزها را «شکست تقارن» بخوانند).

آزمون یک نظریه بسته به این است که چه چیزی را می‌تواند پیش‌بینی کند. مدل الکتروضعیف بر آن بود که چهار ذره مورد نیاز است و در آن هنگام سه تا از این ذرات ناشناخته بودند که باید یافته می‌شدند، و اگر در طبیعت به طور آزاد یافت نمی‌شدند باید در یکی از شتابگرهای جدید بزرگ از انرژی ایجاد و تولید شوند (**۱۹۵۲**). و همین‌طور هم شد، حدود یک دهه بعد و با مقادیر جرم پیش‌بینی شده، آن‌ها را به دست آوردند.

به این ترتیب این صحنه‌ی کاوش جاری در پی وحدت در طبیعت آشکارا به کامیابی و موفقیت انجامید. اما به چیزی بزرگ‌تر اشاره می‌رفت ــ وحدت با نیروی قوی که اجزای هسته‌ی اتمی را کنار یکدیگر نگه می‌دارد. این هدف چندان دور از دست نبود (**۱۹۸۰**).

هربرت بویر و استنلی کوهن/ کون: تولد مهندسی ژنتیک

۱۹۷۲

فناوری اواخر قرن بیستم، بر خلاف فناوری‌های قرن‌های پیشین که عمدتاً به دست صنعتگران تیزهوش و مبتکر ابداع می‌شدند، از علم مشتق و زاده می‌شود. صنعت گسترده و فراگیر زیست‌فناوری هرگز نمی‌توانست بدون فهم عمیق ماهیت ژن‌ها و رمز ژنتیکیِ استوار بر چندین دهه پژوهش علمی ظهور کند و پا بگیرد.

معرفت جدید به نحو اجتناب‌ناپذیری به فناوری نمی‌انجامد. باید تقاضایی برای فناوری وجود داشته باشد، و کسی باید نخستین گام‌ها را به سوی تبدیل شناخت و معرفت علمی به یک هدف عملی بردارد. در مورد مهندسی ژنتیک، یکی از عناصر اصلی زیست‌فناوری، تاریخ مهم و کلیدی احتمالاً سال **۱۹۷۲**، و نام‌های تعیین کننده، در میان بسیاری دیگر، هربرت بویر و استنلی کوهن بوده است.

در پی کشف دوران‌ساز جیمز واتسون و فرانسیس کریک در سال **۱۹۵۳**، به خوبی پذیرفته شد که فرایندهای حیات، مانند ساخت پروتئین‌هایی که یاخته‌های زنده را می‌سازند و تنظیم می‌کنند، به وسیله‌ی دستورالعمل‌های رمزداری کنترل می‌شوند که رشته‌های دراز ماده‌ی شیمیایی DNA حامل آن‌هاست. دانشمندان فراگرفته‌اند که این رمز را چگونه بخوانند، و چگونه یاخته‌ها از این دستورالعمل‌ها در DNA پیروی می‌کنند (**۱۹۵۹**).

تا اواخر دهه‌ی ۱۹۶۰ دو موضوع دیگر هم دستگیر دانشمندان شده بود. در باکتری‌ها

ـــ ساده‌ترین موجود زنده ـــ تمام DNA به صورت رشته‌های دراز (کروموزوم‌ها) نیست؛ بعضی از آن‌ها به صورت حلقه‌های کوچکی به نام پلاسمید هستند. آنان این را هم فهمیدند که آنزیم‌های خاصی که همیشه در نقطه‌ی یکسانی قطع می‌شوند می‌توانند DNA را به قطعات کوچک تقسیم کنند، و سایر آنزیم‌ها دوباره باید این قطعه‌ها را به هم وصل کنند.

بویر، کوهن و همکارانشان توانستند برخی پلاسمیدها را از باکتری‌ها استخراج کنند و آن‌ها را بشکافند. سپس تکه‌های DNA گرفته شده از سایر اندامگان‌ها را در آن پلاسمیدها جای دادند، تا ببینند آیا باکتری‌ها از آن دستورالعمل‌های جدید، علاوه بر دستورالعمل‌های قبلی که از آن‌ها پیروی می‌کردند، پیروی می‌کنند یا خیر. و آن‌ها پیروی کردند. باکتری شروع به ساختن پروتئین‌هایی کرد که ژن‌های در هم بافته در آن‌ها، رمزگذاریشان می‌کردند. به این ترتیب «فناوری بازآمیزی DNA» یا مهندسی ژنتیک آغاز شد.

در ظرف یک دهه، یکی از پیامدهای عملی این پیشرفت ظاهر شد. اجتماعات (کلنی‌های) باکتری‌ها، به پیروی از دستورالعمل‌های داده شده به وسیله‌ی DNA انسانی تنیده شد. در پلاسمیدها، انسولین انسانی (**۱۹۲۲**) می‌ساختند. تا ۱۹۸۲ مقامات دولتی ایالات متحده‌ی آمریکا مصرف این انسولین را، به جای انسولین حیوانی که پیش‌تر مصرف می‌شد، تصویب و مجوز آن را صادر کردند تا برای درمان بیماری قند به کار رود. از آن پس، شاید صدها هزار ماده‌ی شیمیایی برای تشخیص یا درمان از طریق مهندسی ژنتیک درست شده است. قسمت عمده‌ی امر طبابت دگرگون شده است. تا دهه‌ی ۱۹۹۰ نخستین مواد غذایی تراریخته (اصلاح شده‌ی ژنتیکی) به بازار آمد، که مباحثه و مناقشه‌ی ادامه‌داری را دامن زده‌اند.

علم همچنان پیشرفت کرده است. از طریق تنیدن تکه‌های ریز گوناگون DNA، مانند کل ژن‌ها، در داخل باکتری‌ها، می‌توانیم ملاحظه کنیم که چه پروتئین‌هایی برای آن رمزگذاری می‌شوند، یا این‌که این کار انجام نمی‌شود. شواهد اولیه ابراز داشته‌اند که بسیاری تکه‌های DNA «کنار گذاشتنی»اند، بدون این‌که اصلاً نقشی بازی کنند.

این مسیر شناخت و دانش بدون مانع هم پیموده نشده است. اوایل این نگرانی پدید آمد که رایج‌ترین باکتری به کار گرفته شده برای این کار (به این علت که آن را به خوبی می‌شناختند) *اشریشیاکلی* است که در روده‌ی آدمی یافت می‌شود، که در آنجا به گوارش کمک می‌کند. مثلاً اگر ژن‌های عامل سرطان در *اشریشیاکلی* تنیده شوند تا کارکرد آن‌ها ملاحظه شود، این احتمال وجود دارد که بتوانند از آزمایشگاه «بگریزند»

و کل جمعیت را آلوده کنند که پیامدهای فاجعه‌باری خواهد داشت.

از این رو، در نیمه‌ی دهه‌ی ۱۹۷۰ پژوهشگران به فراخوان پل برگ آمریکایی برای توقفی موقت در چنین آزمایش‌هایی پاسخ مثبت دادند تا این‌که اقدامات ایمنی مناسبی انجام گیرد، که از جمله‌ی آن‌ها استفاده از گونه‌های بسیار ضعیف شده‌ی *اشریشیاکلی* بود که نمی‌توانستند در خارج از لوله‌ی آزمایشگاهی زنده بمانند. همین‌که این اقدامات ایمنی انجام گرفت و اقدامات قانونی برای آن‌ها طی شد، کار از سر گرفته شد و تا امروز ادامه یافته است.

ژوزف وبر: امواج گرانشی

۱۹۷۳ در سال **۱۸۷۱** جیمز کلرک مکسول، فیزیکدان اسکاتلندی، پیش‌بینی کرد که وقتی بارهای الکتریکی ابتدا به‌ساکن به حرکت درمی‌آیند موجک‌هایی در میدان‌های الکتریکی و منغاطیسی که آن‌ها را فرا گرفته‌اند، ایجاد می‌کنند و این موجک‌ها می‌توانند انرژی را در فضا انتقال دهند. در سال **۱۸۸۸** هاینریش هرتز آلمانی آن موجک‌ها را، که حاصل جرقه‌های الکتریکی بودند و اکنون امواج رادیویی نامیده می‌شوند، یافت.

همین موضوع درباره‌ی گرانش هم باید صادق باشد. وقتی اشیای جسیم و پر جرم شتاب داده می‌شوند، یعنی بزرگی سرعت یا جهت آن تغییر داده می‌شود، موجک‌ها باید به صورت «امواج گرانشی» در میدان گرانشی پخش شوند و در جایی دیگر قابل آشکارسازی باشند. اما یافتن آن‌ها کاری بس دشوار است. گرانش در میان چهار «نیروی اساسی طبیعت» به مراتب از همه ضعیف‌تر است، هرچند که به نحو تناقض‌آمیزی تنها نیرویی از آن چهار نیروست که همواره وجودش را حس می‌کنیم. «نیروی قوی» (**۱۹۳۶**) و «نیروی ضعیف» فقط در درون اتم‌ها وارد می‌آیند؛ «نیروی الکترومغناطیسی» بین بارها هم می‌تواند برباید (جذب کند) و هم براند (دفع کند) و معمولاً در فواصل طولانی حذف می‌شود.

بنابراین برای این‌که مقادیر تابش گرانشی قابل آشکارسازی شوند باید اشیای بسیار عظیم به نحوی متلاطم حرکت کنند، مانند برخورد دو ستاره‌ی نوترونی (**۱۹۳۶ تسوایک**) یا دو سیاهچاله (**۱۹۱۶**)، یا رمبیدن یک ستاره‌ی غول برای تشکیل شدن یک سیاهچاله. حتی در این صورت، تابش در حالی که پراکنده و پخش می‌شود به سرعت تضعیف می‌شود (مانند آنچه در مورد نور انجام می‌شود)، و اگر شیء خیلی دور باشد، آشکارسازها باید فوق‌العاده حساس باشند. موجی گرانشی که از یک جسم

جامد عبور می‌کند باید سبب خم شدن یا کش آمدن آن شود، اما فقط به اندازه‌ی یک اتم. سایر اثرها ــ مانند گرمای درونی آشکارساز یا هر نوع ارتعاش مجاور ــ می‌تواند سبب چنین تغییراتی شود.

نخستین «آشکارساز موج گرانشی» را ژوزف وبر، فیزیکدان آمریکایی، در سال ۱۹۷۳ به کار انداخت. وی از یک میله‌ی آلومینیمی با پیشرفته‌ترین وسیله‌های (آن روز) متصل به آن برای اندازه‌گیری هرگونه تغییر ابعاد یا شکل‌اش، به کار گرفت. وی ادعا کرد که مشاهده کرده که امواج گرانشی میله‌اش را خم کرده‌اند، اما اجماع در میان سایر فیزیکدانان از این قرار بود که آشکارسازش به اندازه‌ی کافی حساس نبوده است؛ چیز دیگری سبب تغییرات موقت در سنجه‌های وی شده‌اند.

در نسل‌های بعدی آشکارسازها از مواد نامتعارف‌تری بهره بردند و آن‌ها را تا چند درجه بالای صفر مطلق سرد کردند که «نوفه‌ی گرمایی» را به حداقل برسانند. در جدیدترین دستگاه‌ها از باریکه‌های لیزر به بلندی چند کیلومتر برای اندازه‌گیری فاصله‌ی میان آینه‌ها با دقت لازم، استفاده می‌کنند. اگر این نظریه درست باشد، با عبور موج گرانشی باید آن فواصل به اندازه‌ی بینهایت کوچکی تغییر کنند.

این نخستین اَبَر آشکارسازها در اوایل قرن بیست و یکم به کامپیوتر وصل شدند؛ تاکنون هیچ کس «مشاهده‌ی» تأیید شده‌ای را انجام نداده است. این آشکارسازها در مواضع و با فاصله‌ی بسیار زیاد در فضا آرایش یافته‌اند: دانشمندان در جستجوی «همخوانی» آن‌ها هستند، هنگامی که یک موج گرانشی از چندین راه‌انداز زمینی مانند این دستگاه‌ها تقریباً به طور همزمان عبور کند.

در واقع، امواج گرانشی آشکارسازی شده‌اند، اما نه مستقیماً و بر کره‌ی زمین. در اعماق فضا، یک زوج ستاره‌ی نوترونی (۱۹۶۷) یافته شده‌اند که با سرعت بسیار زیاد و بسیار نزدیک به هم یکدیگر را دور می‌زنند و ظاهراً امواج گرانشی می‌تابانند. این بهترین توضیح برای این واقعیت است که ستارگانی که در مدار حرکت می‌کنند، که بسیار سنگین هم هستند و سرعت‌شان هم بسیار زیاد است، وقتی انرژی از دست می‌دهند سرعت‌شان به اندازه‌ای که نظریه‌ی امواج گرانشی پیش‌بینی می‌کند، کاهش می‌یابد.

دونالد جانسون: لوسی و نخستین خانواده

۱۹۷۴ وقتی گروه موسیقی پاک بیتل‌ها ترانه‌ی *لوسی در آسمان با الماس‌ها* را سرود و خواند، انسان‌شناسی و مردم‌شناسی اصلاً در ذهن‌شان محلی از اعراب نداشت. این ترانه نیایش LSD، داروی توهم‌زایی قوی و مورد توجه و علاقه‌ی

بعضی‌ها در آن زمان، بود. اما لوسی اینک در تاریخ انسان جایگاه خاص خود را دارد، در حکم نامی که به موجودی داده می‌شود که پیوندی حیاتی را در زنجیره‌ی تکامل آدمی برقرار می‌کند.

دونالد ی. جانسون آمریکایی وقتی که در سال ۱۹۷٤ لوسی[۱]، جایگاهی به نام هادار در اتیوپی، را می‌کاوید، جوانی یابنده‌ی سنگواره و بی‌نام و نشان بود. داستان از این قرار است که بازار صفحه‌ی ترانه‌ی بیتل‌ها گرم بود و فروش زیادی داشت، از این‌رو این نام طبعاً سر زبان‌ها بود. این جایگاه و ناحیه‌ی اطراف آن در دره‌ی گریت ریفت در آفریقای غربی قرار داشت و تعدادی از یافته‌های مهم از آنجا به دست آمده بود. این دره به اولدووای گورج در قسمت جنوبی‌تر متصل است، که در آنجا ماری و لوئیس لیکی بازمانده‌های ۱/۸ میلیون ساله‌ی انسان دست‌ورزیده (*هومو هابیلیس*) را ده سال پیش از آن یافته بودند (**۱۹٦٤**). جانسون باقی‌مانده‌های کامل‌تر *هومو هابیلیس* را در سال ۱۹۸٦ در آنجا یافت.

استخوان‌بندی لوسی، در مقایسه با برخی یافته‌های قرن نوزدهمی، که تکه پاره‌هایی بیش نبودند، به حدود ۳/۸ میلیون سال پیش از زمان حاضر می‌رسید، و به نحو درخور توجهی کامل بود، با قطعه‌های جمجمه، یک آرواره، استخوان‌های دنده، مهره‌های ستون فقرات، قسمت اعظم بازوان، استخوان‌های لگن، و استخوان‌های تحتانی و فوقانی ساق پا. جانسون به اتکای این شواهد توانست نشان دهد که لوسی راست‌قامت و دستانش آزاد بوده است ـــ وی نخستین موجودی بود که در تاریخ چنین شناخته شد.

منطقه‌ی پیرامون هادار را آفار می‌خوانند، و نام رسمی و علمی لوسی *استرالوپتیکوس افارنسیس* است. این نام او را در گروه «انسان‌نماها»، نزدیک به جنس هومو اما متمایز از آن، که شامل گونه‌ی انسان است، قرار می‌دهد. به نظر برخی پژوهشگران او در گروه ما انسان‌ها قرار می‌گیرد. به هر حال، او از خویشاوندان بسیار نزدیک ماست. به احتمال قریب به یقین، نوع او طی چندین میلیون سال تکامل یافته و به *انسان دست‌ورزیده* (*هومو هابیلیس*) تبدیل شده و ممکن است مدتی در کنار آن‌ها زندگی کرده باشد. بلندی اندام *استرالوپتیکوس افارنسیس* یک تا یک‌ونیم متر و جنس مذکرشان از جنس مؤنشان بلندتر بود. با حفاری‌های گسترده‌تر استخوان‌های ۱۳ فرد دیگر در آن نزدیکی کشف شد، که نشان می‌دهند لوسی یکی از اعضای نخستین خانواده‌ای بوده که از آن‌ها شواهدی در دست داریم.

---

۱. برای اطلاعات بیشتر کتاب *حکایت‌های علمی*، ص ۱۷۰ از همین مجموعه را ببینید.

شواهد مربوط به «موجود دو پا» در همان سال قویاً تأیید شدند: مری لیکی مجموعه‌ی جالبی از رد و اثرهای سنگواره‌ای یافت که در یک بستر خاکستر آتشفشانی در لاتولی، که چندان هم از دره‌ی اولدووای دور نبود، حفظ شده و باقی مانده بود. این ردها نشان دادند که در حدود ٤ میلیون سال قبل دو بالغ و یک بچه (و چند حیوان) در لایه‌ای از خاکستر تازه راه رفته بودند، که پس از مدت کوتاهی پوشیده و بعداً به سنگ تبدیل شده بودند. این رد پاها برای ما تردیدی باقی ننهادند که برخی پیش‌آدمیان همزمان با زندگی و حیات لوسی روی دو پا حرکت می‌کرده‌اند. معقول به نظر می‌رسد که فرض کنیم رد پاها را راه رفتن موجوداتی شبیه به لوسی درست کرده باشند.

ماریو مولینا و شروود راولند: لایه‌ی اوزون در معرض خطر

۱۹۷۴ در دهه‌ی ۱۹۳۰ کمپانی شیمیایی دوپون در ایالت متحده‌ی آمریکا تولید گروه جدید بسیار مفیدی از مواد شیمیایی را شروع کرد، که سازندگانش آن‌ها را «مواد شیمیایی فرئونی» و بقیه‌ی جهان کلروفلوئورو کربن‌ها یا CFCها نامیدند.

در آن زمان، در دستگاه‌های سردساز (یخچال‌ها) از آمونیاک به عنوان «سیال کارکن» برای انتقال گرما از درون به بیرون استفاده می‌کردند. گرچه آمونیاک به خوبی از پس انجام این وظیفه برمی‌آمد، اما کمال مطلوب نبود. سمی و خورنده بود، و کاربردش در یخچال‌های خانگی هم خطرهای بسیاری دربر داشت.

دوپون CFCها را جانشین آمونیاک کرد. این ترکیب‌های کربن، فلوئورو کربن در یخچال و سردسازها بسیار کارآمد بودند؛ سمی نبودند، خورنده نبودند و آتشگیر هم نبودند. تا دهه‌ی ۱۹٦۰ برای این مواد شیمیایی (CFCها) کاربردهای دیگری یافته شده بود ــ عامل خروج محتویات همه جا موجود و حاضر «افشانه‌ها» یا «هواویزها».

اما برخی پرسش‌های تعیین‌کننده درباره‌ی CFCها مطرح نشده بود. همین‌که رها و در محیط پراکنده می‌شوند چه کار می‌کنند؟ آیا آن‌ها هم مانند دِ دِ ت‌اند، در دهه‌ی ۱۹٤۰ به عنوان آفت‌کش شگفت به آن خوشامد گفتند و در جنگ بر علیه مالاریا بسی با آن به پیروزی رسیدند اما در دهه‌ی ۱۹٦۰ به عنوان متهم اصلی مرگ جوجه‌ی پرندگان معرفی شد (مثلاً، در کتاب تأثیرگذار و ماندگار خانم راسل کارسون، با عنون *بهاران خاموش*)؟ تالیدومید، داروی درمان «حالت تهوع صبحگاهی» برای زنان باردار که بعداً عامل خطرناک دهشتباری برای جنین از کار درآمد، نمونه‌ی دیگری از این مواد به‌شمار می‌آید.

در سال ۱۹۷٤ شیمیدانان آمریکایی ماریو مولینا و شروود راولند نظر نگران کننده‌ای را پیش کشیدند. به باور آنان CFCها تحت شرایط متعارف گازهای مقاوم و قدرتمندی‌اند، و چندین دهه در جوّ باقی می‌مانند. اما اگر در ارتفاع ۲۵ کیلومتری در جوّ پخش شوند (**۱۹۰۲ هویساید و کنلی**)، مولکول‌هایشان بر اثر برخورد نور فرابنفش خورشید (**۱۸۰۲**) شکَسته می‌شوندَ و کلر آزاد و رها می‌کنند، که گازی بسیار واکنش‌پذیر است. این گاز آنگاه به انبوه مولکول‌های اوزون («لایه‌ی اوزون») که در همان ارتفاع مستقر است، حمله می‌کنند. اوزون، مولکول سه اتمی اکسیژن، مانع رسیدن پرتوهای خطرناک فرابنفش به سطح زمین است که می‌تواند حیات، از جمله زندگی ما انسان‌ها را به خطر اندازد.

آنان پی بردند که واکنش‌های شیمیایی برقرار شده در سرما سریع است. راولند و مولینا پیش‌بینی کردند که آسیب دیدن لایه‌ی اوزون در نزدیکی قطب‌های شمال و جنوب و بخصوص در بهار بسیار وخیم است. پیش‌بینی از دست رفتن اوزون یکی دیگر از تهدیدهای سلامتی و محیط زیست را برای آدمی مطرح و نمایان کرد.

این امر اثبات شد. پایگاه‌های تحقیقاتی برپا شده در جنوبگان در دهه‌ی ۱۹۵۰ به طور منظم مقادیر نور فرابنفشی را که به سطح زمین می‌رسند اندازه‌گیری کرده‌اند، به این ترتیب به خط مبنایی رسیدند که بتوانند درباره‌ی آسیب به لایه‌ی اوزون داوری کنند، که این آسیب‌دیدگی در دهه‌ی ۱۹۸۰ خود را نشان داد. مقیاس خطر و تهدید به زودی آشکار شد، که لایه‌ی اوزون قطبی چندان نازک شد که به نصف قوت معمولش در اوایل بهار می‌رسید، و مشکل هر سال هم وخیم‌تر و دامنه‌دارتر می‌شد.

نتیجه‌ی درازمدت این داستان باید نیک باشد. دولت‌ها و آژانس‌های بین‌المللی، که با هشدارهای ناشی از این تحقیقات انگیخته شده بودند، در اواخر ۱۹۸۰ دست به اقدام زدند تا، تحت توافقنامه‌ای به نام پروتکُل مونترال، رها شدن CFCها را در جوّ محدود و بعداً از ورود آن به جوّ به کلی جلوگیری کنند. این نخستین توافق از این دست بود که در رویارویی با یک تهدید زیست‌محیطی جهانی به دست می‌آمد. از آنجا که لایه‌ی اوزون به وسیله‌ی نور فرابنفش خورشید از بین می‌رود، ضعیف شدن این انحطاط لایه‌ی اوزون به طور موقت کارساز است، و مسئله حل خواهد شد. اما حل این مشکل چندین دهه طول خواهد کشید.

پیامد توصیفی پر دامنه‌تری، یک حکایت هشداردهنده، هم وجود داشت. یاد گرفته‌ایم که درباره‌ی «مواد شیمیایی شگفت‌آور» کمی شکاک باشیم، که هم درباره‌ی «جنبه‌ی منفی» و هم «جنبه‌ی مثبت» آن‌ها بپرسیم. همواره جای سوآل باقی است.

چو هوآ لی: مورفین مغزمان

1975 توانایی افیون (تریاک) و «مخدرها» یا «مواد آرامبخش» در تسکین درد و ایجاد حالت آرامش، حتی سرخوشی، از هزاران سال پیش شناخته شده است. در اوایل قرن نوزدهم، پی بردند که تأثیر تریاک ناشی از وجود یک ماده‌ی شیمیایی خاص، آلکالوییدی به نام مورفین (۱۸۱۸)، است. اما تردید درباره‌ی چگونگی کارکرد تأثیر مواد مخدر کماکان ادامه داشت. یکی از حدس‌ها از این قرار بود که برخی مواضع در مغز و دستگاه عصبی به نام گیرنده وجود دارند که این مواد شیمیایی می‌توانند به آن‌ها «متصل» شوند، یعنی به نحوی در تأثیر بر حالت و دریافت درد مؤثر واقع شوند.

در زمانی که این حدس برای نخستین بار مطرح شد، در حدود سال ۱۹۷۰، امکان آزمون عملی آن وجود نداشت. اما فناوری مورد نیازش به زودی در دسترس قرار گرفت، و تا سال ۱۹۸۳ گروهی از پژوهشگران در سوئد و دو گروه در ایالات متحده‌ی آمریکا مستقلاً این گیرنده‌ها را یافتند. پرسشی که فوراً مطرح شد از این قرار بود: چرا مغزمان حاوی آن‌هاست؟ خشخاش در خاورمیانه از جمله‌ی محصولات بومی است، با این احوال مغز همه‌ی مردم جهان دارای این گیرنده‌هاست، علیرغم این واقعیت که ظاهراً نژاد آدمی در آفریقا تکامل یافته و نه در خاور میانه.

یک پاسخ جسورانه ارائه شد. شاید مورفین به این علت مؤثر و کارساز است که شبیه ماده‌ای است که بدن خودش می‌سازد، یعنی ماده‌ای شیمیایی که به جایگاه‌های گیرنده وصل می‌شود، با انتقال سیگنال‌های درد تداخل می‌کند و احساس خوشی را به ما می‌بخشد. پژوهشگران در اسکاتلند به مقدار کمی ماده‌ی شیمیایی یافتند که از رشته‌ای از پنج آمینواسید در مغز خوک‌ها تشکیل می‌شد. آنان این ماده را «انسفالین»، به معنای «در داخل سر»، نامیدند. ثابت شد که این ماده یک تسکین‌دهنده‌ی ضعیف درد و اعتیادآوری قوی است، و به این ترتیب کاوش ادامه یافت.

چند دهه قبل از آن چو هوآ لی متخصص آمریکایی «شیمی اعصاب» غده‌ی هیپوفیز را به منظور دیگری مطالعه کرده بود. وی ماده‌ای را از غده‌ی هیپوفیز شترها جدا کرده بود که نتوانست آن را در حوزه تحقیقاتش شناسایی کند. وقتی درباره‌ی کشف اسکاتلندی‌ها چیزهایی شنید، فوراً پی برد که آنچه قبلاً از مغز شتر بیرون کشیده بود انسفالین است. این ماده یک مسکن قوی از کار درآمد، که سه بار قوی‌تر از مورفین بود وقتی که به عروق (جریان خون) تزریق می‌شد، و ۱۵ بار قوی‌تر بود وقتی که به مغز تزریق می‌شد. وی این ماده را «اندورفین» با تساهل به معنای «درون مورفین»، نامید.

به این ترتیب معلوم شد که مغز از خودش ماده‌ی مخدر و آرامبخش طبیعی دارد (در واقع در مغز چندین ماده‌ی شیمیایی مشابه از این نوع وجود دارد). این مواد را غده‌ی هیپوفیز در خلال فشار عصبی یا بحران ترشح می‌کند؛ این مواد به ما امکان می‌دهند که در هنگامی که زندگی خود یا عزیزانمان در خطر باشد، درد را نادیده انگاریم. این مواد حس سرخوشی را پدید می‌آورند که می‌تواند با ورزش سخت و مداوم به بار آید. این احتمال وجود دارد که این مواد عامل آثار تسکین‌دهندگی درد در طب سوزنی باشند، و حتی ممکن است هیپنوتیزم و «اثر دارونماها» را که معمولاً مشاهده می‌شوند، توضیح دهند.

به بیان روشن‌تر، اندروفین‌ها توضیح می‌دهند که چرا مواد مخدری چون مورفین، تریاک، هروئین و کدئین (که همگی آن‌ها از لحاظ شیمیایی با هم مرتبط‌اند) می‌توانند اعتیادآور باشند. این مواد مخدر کنترل و مهار گیرنده‌های مربوط به تسکین دهنده‌های طبیعی درد را در اختیار می‌گیرند، به طوری که مقدار کمی از آن‌ها آزاد می‌مانند. وقتی اثر داروی مخدر بلعیده یا تزریق شده زایل شد، اکثر گیرنده‌ها خالی باقی می‌مانند، به ماده‌ی تخدیری و پاسخی برای ترک آن نیاز دارند.

جان کورلیس: آلوین درهایی از بهشت در ژرفای اقیانوس پیدا می‌کند

۱۹۷۷ کشف رشته‌کوه‌های پهناور زیر دریا در اقیانوس‌های جهان به علت گسترش بستر دریا (**۱۹۵۳ یوئینگ و هس**) چند دهه‌ای بعد به یافته‌ی چشمگیر دیگری مرتبط شد. در سال ۱۹۷۷ گروهی تحقیقاتی از پژوهشگران آمریکایی، به سرپرستی جان کورلیس اقیانوس‌نگار، سفری تحقیقاتی را برای کشف یکی از این پشته‌های واقع در نزدیکی جزایر گالاپاگوس، در نزدیکی ساحل آمریکای جنوبی، تدارک دیدند. آنان از یک زیردریایی بدون سرنشین به نام آلوین (شاید نامی برگرفته از کارتون سنجاب خط‌دار که در آن موقع خیلی محبوب بود)، مجهز به نورافکن، دوربین و ابزار نمونه‌برداری، استفاده کردند.

پژوهشگران گمان کردند که در امتداد این پشته، در جایی که سنگ مذاب از درونه‌ی پوسته‌ی زمین فوران می‌کند تا کف دریای جدید را تشکیل دهد، آب داغ نیز در حالت تلاطمی بالا می‌آید، که در زیر دریا چشمه‌های داغی شکل می‌گیرند که گرمای سنگ‌های مذاب زیرین به آن‌ها گرما می‌رساند. دمای این آب باید چند صد درجه باشد، که فشار عظیم در آن عمق آن را از جوشیدن باز می‌دارد. اما آب در آنجا

باید تاریک باشد، زیرا عمق آن (بیش از ۲۰۰۰ متر) بیشتر از آن است که نور خورشید به آنجا نفوذ کند و فتوسنتز را راه اندازد، که موتور حیات در همه جای این سیاره به‌شمار می‌آید. تنها منبع غذا در این مغاک باید بارش ملایمی از واریزه‌های آلی از موجوداتی باشد که در سطوح بالا می‌زیند و می‌میرند. از این رو به گمان پژوهشگران این صخره‌ها باید لخت و عمدتاً فاقد حیات باشند.

نظر آنان نمی‌توانست چندان خطا بوده باشد. آنان مجراهای آتشفشانی گرمابی را یافتند که آن‌ها را «سیگاری» نامیدند زیرا همواره ذارت کانی بیرون می‌دادند که آب را تیره می‌کرد. برخی از این سیگاری‌ها سفید، و بعضی سیاه بودند. نهشته‌های این مولکول‌ها، که از ترکیب‌هایی چون سولفید آهن غنی بودند، و دودکش‌ها را تشکیل می‌دادند، گاهی به ارتفاع چندین متر می‌رسیدند. پیرامون آن‌ها و حتی درونشان، سنگ‌ها به نحو نامنتظره‌ای سرشار از حیات بود: کرم‌های لوله‌ای (استوانه‌ای) به طول بیشتر از یک متر، صدف‌های دو کفه‌ای، خرچنگ‌های کور و تعداد بیشماری گونه‌های ماهی، جملگی در بوم‌سازگانی پیچیده با هم پیوند برقرار کرده بودند. جرم ماده‌ی زنده در هر متر مربع به میزان هر جای دیگر در کره‌ی زمین بود، بهشتی در نهایت تاریکی در آن ژرفا تشکیل شده است.

این جهان بیگانه، که در سایر اقیانوس‌های بزرگ همتاسازی شده است، کشفی خیره‌کننده و تکان‌دهنده بود و بازاندیشی در این باره را تقویت کرد که حیات برای تداوم خودش چه نیازهایی دارد. حیات باید انرژی در اختیار داشته باشد، و نور خورشید یکی از منابع انرژی به‌شمار می‌آید، اما امکان‌ها و احتمال‌های دیگری هم وجود دارند. در آن ژرفا در دل تاریکی، معلوم شد که ترکیب‌های شیمیایی داخل آب داغ، بخصوص ذرات سولفید، منبع انرژی‌اند. باکتری‌هایی با توان سازگاری پر دامنه، که قادرند در آب فوق داغ دوام آورند و از آن مواد شیمیایی انرژی ضروری خود را برای ادامه‌ی حیات و رشد استخراج کنند نقطه‌ی آغاز زنجیره‌ی غذایی به‌شمار می‌آیند. بسیاری از آن‌ها در حفره‌های اندام کرم‌های لوله‌ای زندگی می‌کنند، که در نتیجه غذا برای آن‌ها فراهم می‌کنند.

ما اکنون می‌دانیم که حیات، حتی یک بوم‌سازگان کامل، ضرورتاً وابسته به نور نیست. از این رو ممکن است حیات برای آغاز شدن به نور نیاز نداشته باشد. تاریکی ژرف اقیانوس، با محیط بی‌حرکتش و پشتیبانی مداوم انرژی از زیر، ممکن است جایی بوده باشد که حیات بر سیاره‌ی ما نخستین بار آنجا شکل گرفت. این هم ایده‌ای کنجکاوی‌برانگیز است.

لوئیس و والتر آلوارز: نشانه‌ی سیارک قاتل

۱۹۸۰ ناپدید شدن ناگهانی بسیاری گونه‌های حیات از سطح زمین در زمان‌های مختلف در تاریخ سیاره‌ی ما را نخستین بار ویلیام «استراتا» اسمیت در ۲۰۰ سال پیش تشخیص داد (۱۷۹۹)؛ این ایده را جان فیلیپس، خواهرزاده‌اش، توسعه داد (۱۸۶۰). در اواخر قرن بیستم، با مطالعه‌ی پیشینه‌ی زمین شناختی چندین واقعه از این «رویدادهای انقراض» بازشناسی شده بود، که در آن هنگام بیشتر از ۵۰ درصد (و گاهی هم بیشتر از ۹۰ درصد) تمامی اشکال حیات به سرعت (البته در مقیاس زمین‌شناختی) ناپدید شده بود. زمین‌شناسان در جستجوی دلایل این رویدادها تغییرات بسیار گسترده در محیط زیست کره‌ی زمین را فرض کرده بودند، مانند فوران‌های آتشفشانی عظیمی که گازها و غبار را رها کرده که به تغییر اقلیم منجر شده بود. برخورد سیارک‌ها یا دنباله‌دارها به کره‌ی زمین امکان و احتمال دیگری به‌شمار می‌رفت، بخصوص وقتی معلوم شد که دنباله‌دار کوچکی در جوّ زمین بر فراز نقطه‌ی دورافتاده‌ای از سیبری در ژوئن سال ۱۹۰۸ منفجر شده، و ده هزار کیلومتر مربع جنگل را نابود کرده و امواج شوکی به سرتاسر کره‌ی زمین گسیل داشته است.

نخستین شاهد قوی در ارتباط با سیارکی با آثار انقراضی بسیار وسیع در ۱۹۸۰ به دست لوئیس آلوارز فیزیکدان آمریکایی و پسر زمین‌شناسش والتر گردآوری شد. آنان با حفاری در حوالی شهر گوبیوی ایتالیا، بستر نازکی از خاک رس یافتند که حاوی مقدار زیادی فلز کمیاب ایریدیم بود که چندان امر متعارفی نبود. ایریدیم در دنباله‌دارها بسیار فراوان‌تر است تا در زمین، و این موضوع پدر و پسر آلوارز را به ارائه طرح و پیشنهادی هدایت کرد که بر پایه‌ی آن این رس غنی از ایریدیم شاهدی از برخورد یک سیارک با زمین است. نهشته‌های رسی مشابهی بعداً در سایر قسمت‌های جهان یافته شد، که ظاهراً همان زمان را نشان می‌داد، و بنا بر آن‌ها سیارک یاد شده باید خیلی بزرگ، احتمالاً به قطر ۱۰ کیلومتر بوده باشد که واریزه‌های آن در ناحیه‌ی تا این حد پهناور پراکنده شده است.

در همان لایه اجزای کنجکاوی‌برانگیز آن شواهد وجود داشت: قطعه‌های کوارتز با شکستگی‌های متمایزی که نشان می‌داد برخورد بسیار شدید بوده است، و گوی‌های ریز کانی‌ها که می‌توانسته سنگ‌های مذاب فوران کرده در هوا بوده باشند که سخت شده‌اند. شگفت‌ترین موضوع تاریخ نسبت داده شده به این لایه ــ ٦۵ میلیون سال قبل، که آن را به زمان انقراض دایناسورها در پایان دوره‌ی مزوزوئیک (میان‌زیوی) و آغاز عصر پستانداران مربوط می‌کرد. سیارکی به این بزرگی باید انرژی عظیمی را رها

کرده باشد، که به ویرانی وسیع و حتی تغییر اقلیم جهانی انجامیده که دایناسورها و سایر موجودات نتوانسته‌اند در آن دوام آورند.

برای تکمیل کردن این تصویر، و پرداختن فرضیه‌ای حتی موجه‌تر، نقشه‌برداران در مکزیک دهانه‌ی آتشفشان عظیمی را یافتند، که حالا در اعماق زیاد زیر رسوب‌ها و نهشته‌ها مدفون شده، و دور از ساحل شبه جزیره‌ی یوکاتان واقع است. عرض این دهانه ۱۸۰ کیلومتر بود، از نوع حفره‌ای که باید سیارک «قاتل» از خود بر جای نهاده باشد، و زمان ایجاد این یکی هم به ٦٥ میلیون سال پیش می‌رسید.

این موضوع کسی را متقاعد نکرد، اما برخورد سیارک یوکاتان به احتمال زیاد از عوامل نابودی دایناسورها به‌شمار می‌آید. این کشف دست زدن به جستجو در پی دلایل مشابه سایر انقراض‌های انبوه را راه انداخته، و در سال‌های اخیر، باعث پژوهشی شده در مورد سیارک‌هایی که در نزدیکی کره‌ی زمین می‌گردند و ممکن است روزی با آن برخورد کنند.

آلن گوث: عالم منبسط می‌شود

۱۹۸۰ بر کسی پوشیده نیست که عالم، در حال انبساط است، که اشیای عمده در آن ــ خوشه‌های کهکشانی وسیع با چندین میلیارد ستاره ــ دارند با سرعتی سرسام‌آور هر چه دورتر می‌شوند. ادوین هابل، ستاره‌شناس آمریکایی، همه‌ی این‌ها را در سال **۱۹۲۹** اعلام کرد و تقریباً همه آن را پذیرفتند.

برای توضیح علت این امر، در حدود سال ۱۹۵۰ نظریه‌ی مهبانگ (انفجار بزرگ) پرداخته شد. بنا بر این نظریه عالم ما به صورت توده‌ای از انرژی و ماده، سنگین و کوچک، با چگالی و دمای (اولیه‌ی) نامتناهی آغاز شد. جهان هستی ما از این «تکینگی» (**۱۹۱٦**) انبساط یافته و خنک شده است، و کهکشان‌ها و ستارگان از گاز و غبار چگالش یافته‌اند تا کیهانی که امروز می‌بینیم، حدود ۱۳ میلیارد سال پیش تشکیل شود.

این همان چیزی است که اکنون آن را «مدل استاندارد» پیشینه‌ی جهان هستی نامیده‌اند. اما این مدل مشکلاتی دارد؛ چیزهایی هستند که نمی‌توان توضیح‌شان داد. یکی از آن‌ها مسئله «تخت بودن» است. در جهانی که می‌شناسیم، خطوط موازی هرگز به هم نمی‌رسند، از این رو می‌گوییم عالم «تخت» است. می‌توانیم زندگی در نوع عالم متفاوتی را تصور کنیم که در آن کل فضا «خمیده یا منحنی» است. برای مقایسه، نصف‌النهارهای طول جغرافیایی بر سطح منحنی کره‌ی زمین در استوا موازی‌اند اما

در قطب‌ها به هم می‌رسند و یکدیگر را قطع می‌کنند. آلبرت اینشتین می‌گفت که ماده فضا را خم می‌کند (۱۹۱۵)، از این رو در عالم، ماده باید چنان به طور متوسط با فاصله‌ی زیاد و به طور نازکی پخش شده باشد که فضا تخت بماند.

سپس مشکل «یکنواختی» پیش می‌آید. از زمانی که آرنو پنزیاس و رابرت ویلسون «تابش زمینه‌ی کیهانی» را کشف کردند (۱۹۶۵)، دانشمندان پی برده‌اند که این «پس‌ـتابِ» مهبانگ، که نمایانگر اوضاع و شرایط حدود ۳۰۰,۰۰۰ سال بعد از آغاز عالم به‌شِمار می‌آید، بسیار یکنواخت است؛ کیهان در آن هنگام دقیقاً در همه‌ی جهات دارای دمای یکسانی بود. اما ماده خیلی با یکنواختی فاصله دارد: کهکشان‌ها در فضا پراکنده‌اند، اما بین آن‌ها و در درونشان (بین ستارگان) فضاهای خالی بسیار وسیعی وجود دارد.

افزون بر این‌ها، مسئله‌ی «تک قطبی مغناطیسی» هم وجود دارد. مهبانگ بایستی از تعداد عظیمی از این اشیای شگفت ساخته شده باشد، که شبیه‌اند به سر یک آهنربای میله‌ای بدون این‌که سر دیگری داشته باشد (تصور آن بسی دشوار است!). اما پژوهش‌های دقیق در یافتن یک تک میله از این دست ناکام مانده است. این‌ها کجا هستند؟

آلن گوث فیزیکدان آمریکایی که آن موقع ۳۴ سال داشت، درگیر مسئله‌ی تک قطبی بود و در همان هنگام به یک پاسخ ریشه‌ای و رادیکال نظری اجمالی انداخت. فرض کنید عالم ما در همان روزهای اولیه‌اش هر چه سریع‌تر شروع به رشد کرده است. تصور کنید در یک چشم به هم زدن یک نخود به اندازه‌ی یک کهکشان شود. پس از این دوره‌ی زمانی «تورم» آشوبناک، عالم آرامش یافته و به آهنگ انبساط ملایم کنونی‌اش رسیده است.

این دیدگاه مسئله‌ی تک قطبی و بسیاری مسائل دیگر را حل می‌کند. تک قطبی‌ها ممکن است در روزهای نخستین فراوان بوده باشند، اما تورم آن‌ها را در حجم بسیار عظیمی از فضا پراکنده کرده که هرگز سابقه نداشته است. به همین ترتیب، ماده بر اثر تورم تا نقطه‌ای رقیق شد که کل فضا خمیده نبود: و یک عالم کوچک و یکنواخت متورم شده تا به عالمی بزرگ و نایکنواخت تبدیل شده است. بی‌نظمی‌های کوچک در روزهای اول جهان هستی را تورم تقویت کرده تا به هسته‌هایی تبدیل شوند که کهکشان‌های پراکنده به دور آن‌ها شکل گرفته‌اند.

اکنون گوث نامی است که غالباً با مدل «عالم تورمی» همراه است، هرچند که کسانی دیگر به پرورده شدن این ایده یاری رسانیده‌اند. به گفته‌ی وی انرژی لازم برای

متورم شدن عالم بسیار دور و بسیار سریع از چیزی به‌دست می‌آید که شبیه است به آزاد شدن انرژی در هنگام میعان بخار آب و تبدیل آن به آب مایع. این همان چیزی است که ابر تُندری را چنان بزرگ می‌کند. تورم کیهانی، با آن‌که شگفت و عجیب به نظر می‌رسد، اکنون پذیرش گسترده‌ای یافته است، و مطالعات اخیر در مورد تابش زمینه‌ی کیهانی باز هم حمایت بیشتری را جلب کرده است (**۱۹۹۲ کاوشگر زمینه‌ی کیهانی، کوبه**).

استنلی پروزینر: راز و رمز پریون‌ها

۱۹۸۲ وقتی مارتیوس بئیرینک، پژوهشگر هلندی، برای نخستین بار در سال ۱۸۹۸ مفهوم ویروس را مطرح کرد ضربه و تکانی محسوب می‌شد، چیزی بسیار کوچک‌تر از کوچک‌ترین یاخته اما قادر به ایجاد بیماری. ویروس‌ها بسیار کوچک‌اند و خودشان نمی‌توانند، مانند یاخته‌ی گیاهان و جانوران، پروتئین بسازند. اما، به علت این‌که دارای ژن‌هایی‌اند که ترکیب پروتئین‌ها را هدایت می‌کنند، کشنده‌اند: ویروس‌ها با ربودن دستگاه پروتئین‌ساز یاخته‌هایی که به آن‌ها آلوده می‌شوند، خود را تکثیر می‌کنند.

قطعاً چیزی کوچک‌تر از یک ویروس نمی‌تواند باعث آلودگی و عفونت شود. متأسفانه، بله. به نظر می‌رسد بیماری موسوم به خارش دیوانه‌وار نزد گوسفندان و بُزها و بیماری مرتبط و ترسناک‌تر «جنون گاوی» و اسکلروز کاذب اسپاسمی (بیماری ژاکوب) که انسان‌ها را گرفتار می‌کند، جملگی ناشی از تأثیر چیزی کوچک‌تر و ساده‌تر از ویروس باشند. این بیماری‌ها جملگی سبب شکلی تباهی ذهنی و به صورت عفونت ظاهر می‌شوند. در حدود سال ۱۹۷٤ توجه استنلی پروزینر، زیست‌شناس اعصاب آمریکایی، به این بیماری‌ها جلب شد. وی در صدد برآمد علت سرایت و واگیری این بیماری‌ها را پیدا کند.

تا سال ۱۹۸۲ عامل عفونت را جدا کرده بود. کشف او سبب مناقشه و مباحثه‌های زیادی شد زیرا ذرات حامل بیماری، که وی آن‌ها را «پریون» نامید، بسی کوچک به نظر می‌رسید، حتی کوچک‌تر از ویروس. مطالعات بیشتر نشان داد که این ذرات تکه‌ها یا ریزه‌های پروتئین‌اند که اصلاً حاوی هیچگونه ماده‌ی ژنتیکی نیستند، و نه حتی یک تک ژن. به این ترتیب پریون‌ها نمی‌توانند بازتولید و تکثیر شوند، و حتی مثل ویروس‌ها هم تکثیر نمی‌شوند. این‌ها باید به وسیله‌ای مستقیماً سبب نقص و بد کار کردن سایر پروتئین‌ها شوند.

پروتئین‌ها رشته‌های دراز آمینواسیدهایند، اما شیوه‌ی کارکرد آن‌ها عمدتاً به ساختارشان، به این‌که چگونه به شکل خاصی (معمولاً بسیار پیچیده) «جمع می‌شوند»، بستگی دارد. اگر جمع شدن یا تا شدن یک پروتئین اشتباهی و ناقص انجام شود، وظیفه‌ی خود را انجام نمی‌دهد. به نظر می‌رسد پریون‌ها خود پروتئین‌هایی باشند که به اشتباه تا خورده یا جمع شده‌اند؛ و به این ترتیب سبب می‌شوند سایر پروتئین‌ها هم به طور نادرستی تا بخورند. به نظر می‌رسد تأثیر پریون‌ها در توانایی آن‌ها به بریدن مرزهای گونه‌ها باشد؛ بیماری جنون گاوی نزد گاوهایی مشاهده می‌شود که از غذای گوشتی تهیه شده از گوسفندان آلوده به بیماری خارش شدید تغذیه کرده باشند.

بیست و پنج سال طول کشید تا پروزینر جامعه‌ی پزشکی را به پذیرش ایده‌هایش متقاعد کند. پژوهش‌های وی توانست بر بیماری‌هایی چون آلزایمر و پارکینسون (لغوه) هم تأثیر گذارد، که ظاهراً از بعضی جهات به بیماری‌های ناشی از پریون‌ها، از جمله ساخته شدن پروتئین‌های ناهنجار در مغز، شبیه‌اند.

لوک مونتانیه و رابرت گالو: یافتن ویروس HIV

۱۹۸۳

در سال ۱۹۸۱ یک بیماری ناشناخته در ایالات متحده‌ی آمریکا، بخصوص در میان مردان همجنس‌گرا، بروز کرد. به نظر می‌رسید سیستم ایمنی قربانیان، که معمولاً آنان را در برابر تهاجم ریزاندامگان‌های بیماری‌زا محافظت می‌کند، به شدت ضعیف شده است؛ آنان از عوامل بیماری‌زایی ناخوش می‌شدند که معمولاً بی‌اعتنا از کنارشان می‌گذشتند. نشانه‌های بیماری بارزی به چشم می‌خورد: شکل کمیابی سینه‌پهلو (ذات‌الریه)، سرطانی خاص.

تا سال ۱۹۸۲ این بیماری، که اکنون دیگر به آن «نشانگان نقص اکتسابی ایمنی» (ایدز) می‌گفتند، در همه جا بروز کرده بود. در فرانسه متخصصان این بیماری را نزد کسانی مشاهده کردند که از طریق انتقال، خون در یافت می‌کردند، مانند بیماران هموفیلی. چون از آنجا که خون انتقالی را از لحاظ وجود باکتری‌ها همواره آزمایش می‌کردند، به نظر می‌رسید عامل ایدز به احتمال زیاد ویروس باشد.

پژوهشگران انستیتو پاستور مشهور پاریس (۱۸۸۶) به جستجو و کاوش پرداختند. مانند تحقیق در مورد علت بیماری مالاریا (۱۸۸۰)، کلید معما عبارت بود از شناسایی چیزی در بدن قربانیان که در بدن دیگران یافت نمی‌شد. از آنجا که قربانیان ایدز مرتباً یاخته‌های خونی بیماری‌ستیز بسیار مهم، به نام لنفوسیت DC4، را از دست می‌دادند،

تیم پژوهشگران فرانسوی، تحت هدایت لوک مونتانیه، این یاخته‌ها را از مبتلایان ایدز گرفتند و کشت دادند. آنان در جستجوی شواهدی برای وجود ویروس، بخصوص یک «ویرس خارجی» بودند. ژن این ویروس‌ها که عامل بسیاری از بیماری‌های حیوانی‌اند، به جای DNA روی RNA نوشته شده‌اند. ویروس‌های یاد شده، برای آلوده کردن یک یاخته باید نسخه‌ای از ژن‌هایشان را روی DNA بسازند به طوری که دستگاه پروتئین‌ساز یاخته از آن پیروی خواهد کرد. این نسخه‌سازی (تکثیر) به آنزیمی به نام نسخه‌بردار وارون نیاز دارد. یافتن این آنزیم در یک نمونه، نشان می‌داد که ویروسی خارجی (ویروس وارون) در کار است.

در ظرف چند ماه، تیم فرانسوی نسخه‌بردار وارون را در یک کشت یاخته‌های DC4 یافت که به زودی هم مرد، و به این ترتیب، آنان پی بردند که ویروس خارجی وجود دارد. در اوایل سال ۱۹۸۳ این ویروس برای نخستین بار زیر میکروسکوپ دیده شد. در این مرحله، مونتانیه برای کمک به رابرت گالوی آمریکایی روی آورد، که تنها ویروس خارجی انسانی یافته شده‌ی دیگر تا آن زمان را کشف کرده بود، ویروسی که سبب نوع کمیابی سرطان خون (لوسمی) می‌شد. گالو نیز در جستجوی ویروسی بود که سبب بیماری ایدز می‌شود. تا ماه مه ۱۹۸۳ گروه‌های پژوهشی، که اکنون تعدادشان در گستره‌ی وسیعی از کارشناسان و متخصصان زیاد شده بود، اطلاعات کافی از این ویروس، که بعداً HIV (ویروس نقص ایمنی انسان)[1] نامیده شد، در اختیار داشتند تا یافته‌هایشان را منتشر کنند.

در ماه‌های بعد، پژوهش در فرانسه، ایالات متحده‌ی آمریکا و جاهای دیگر ارتباط بین HIV و ایدز را تقویت کرد. در بیماران مبتلا به ایدز پادتن‌های HIV یافته شد؛ این یافته به پایه‌ی آزمایش‌های خون تبدیل شد که می‌توانست وجود HIV را خیلی پیش از بروز گسترش نشانگان ایدز نشان دهد. از آنجا که گسترش ویروس مستلزم مبادله‌ی مایعات بدن چون خون و مَنی است، اقدامات پیشگیرانه باید اندیشیده و اجرا شوند. در زمینه‌ی درمان و حتی مایه‌کوبی (واکسینه‌سازی) این بیماری فعالیت آغاز شد؛ این کار با موفقیت‌های کم و زیاد کماکان ادامه دارد، که کارهای مونتانیه و گالو در میان دیگران، از همه برجسته‌تر بوده است.

برای یافتن منشأ بیماری ایدز نیز پژوهشی ادامه دارد، که ظاهراً تا قبل از ۱۹۸۰ به شکل کنونی‌اش وجود نداشته است. این موضوع کماکان محل مناقشه است.

---

1. Human Immunodeficiency Virus (HIV)

حوّای میتوکندریایی و آدم همگانی

۱۹۸۷

دو ایده‌ی پایه‌ای متضاد درباره‌ی منشأ و خاستگاه نژاد آدمی، *انسان اندیشه‌ورز* یا *هوموساپینس*، وجود دارد. سناریوی «خارج از آفریقا» بر آن است که تمامی انسان‌های جدید اخلاف و زادگان سایر گونه‌های ما هستند که از یک زاد و بوم مشترک در آفریقا، که در آنجا از *انسان راست قامت* یا *هومو ارکتوس* نیایمان تکامل یافته‌اند، مهاجرت کرده‌اند (۱۸۵٦). بنا بر نظریه‌ی دیگر «چند خاستگاهی»، این *انسان راست قامت* بود که مهاجرت کرد، و به طور مستقل در مکان‌های گوناگون تکامل یافت.

شواهدی که برای نخستین بار در سال ۱۹۸۷ منتشر شد حاکی از آن است که تمامی ابنای بشر می‌توانند دودمان خود را تا یک تک مؤنث ردگیری کنند که بیش از یک هزار قرن پیش در آفریقا می‌زیسته است. این نیای پیشنهادی را حوّای میتوکندریایی (یا ME) نامیده‌اند. جزء «میتوکندریالی» این نام به معنای آن است که این شاهد و مدرک از مقایسه‌ی DNA در میتوکندری (راکیزه)، یعنی منبع انرژی در یاخته‌های بدن آدمی (**۱۹٦۷ مارگولیس**)، به‌دست می‌آید. DNA راکیزه‌ای (میتوکندریایی) (و ژن‌های ساخته شده از آن) فقط از مادران به دختران به ارث می‌رسد، که ردگیری آن را آسان‌تر می‌کند. پدر نمی‌تواند DNA راکیزه‌ای خود را به فرزندانش بدهد.

اگر منظور از «حوّا» این باشد که حوّای میتوکندریایی نخستین زن است، عنوان و نامی گمراه‌کننده خواهد بود. این عنوان آشکارا به این مفهوم نبوده است. حوّای میتوکندریایی فقط یکی از بسیار زنانی بوده که در آن زمان می‌زیسته‌اند، اما به نظر می‌رسد که فقط DNA راکیزه‌ای او به تمامی نسل موجود منتقل شده است. سایر زنان زادگانی نداشته‌اند که امروز زنده باشند، یا دست‌کم زادگانی که از طریق خط مادرسالاری، از مادر به دختر و الی آخر، آن را به ارث برده باشند.

شباهت DNA راکیزه‌ای ما، که از طریق تجزیه و تحلیل پیچیده و با سرعتی فزاینده آشکار شد، به این معناست که حوّای میتوکندریایی وجود داشته است، حتی اگر هرگز نتوانیم بدانیم او چه کسی بوده است. در حالی که DNA راکیزه‌ای از نسلی به نسل دیگر تقریباً بدون تغییر به ارث رسیده است، جهش‌های ژنتیکی (**۱۹۰۱ دوریس**) اتفاق افتاده‌اند و تعداد موارد اختلاف بین افراد ساعتی ژنتیکی را تشکیل می‌دهند، که حکایت می‌کند نیای مشترک‌شان چه موقع می‌زیسته است. آهنگ جهش ژنتیکی هنوز هم محل منقاشه است، اما برآوردهایی با پذیرش گسترده، زمان زندگی حوّای میتوکندریایی را ۲۰۰,۰۰۰ سال قبل رقم می‌زنند. الگوی جغرافیایی تغییرات منشأ مشترکی در آفریقا را نشان می‌دهند.

دو نکته‌ی دیگر. نظریه‌ی حوّای میتوکندریایی در واقع دیدگاه «چند خاستگاهی»

را منتفی نمی‌کند. این دیدگاه می‌تواند از این قرار باشد که گروه‌های *انسان راست قامت* چندین نوبت به خارج از آفریقا مهاجرت کرده‌اند، اما فقط یکی از آن «تیره‌ها» و «جماعات» زادگانی دارد که تا امروز هم زندگی می‌کنند. افزون بر این‌ها، چیزی شبیه به حوّای میتوکندریایی در جانب مذکر یافته شده است. فقط مردان حامل کروموزوم y هستند (**۱۹۰۲ ساتون و بووری**). مقایسه‌ی ژن‌های یافته شده در بسیاری از افراد اشاره به متأخرترین زاده‌ی مذکر، آدم با کروموزوم y، دارد که به نظر می‌رسد بسی بعد از حوّای میتوکندریایی می‌زیسته است. ظاهراً این مناقشه و مباحثه مدت‌ها ادامه خواهد داشت.

استنلی پونز و مارتین فلایشمن: آیا گداخت هسته‌ای سرد واقعی است؟

۱۹۸۹ در سال ۱۹۸۹ استنلی پونز و مارتین فلایشمن، الکتروشیمیدان‌های مشهور آمریکایی، با این ادعا که گداخت (همجوشی) هسته‌ای را در یک قطعه تجهیزات رومیزی در دمای متعارف راه‌اندازی کرده‌اند، شرکت‌کنندگان در یک گردهمایی علمی را مبهوت و متحیر بر جای نهادند.

ناباوری مخاطبان قابل درک بود. گداخت یا همجوشی هسته‌ای متضمن درهم آمیختن اتم‌های یک عنصر (یا، دقیق‌تر، هسته‌ی این اتم‌ها) و تشکیل عنصر سنگین‌تری است. تا آن هنگام، کاملاً پذیرفته شده بود که گداخت هسته‌ای اتم‌های هیدروژن و تشکیل هلیم منبع انرژی خورشید و سایر ستارگان به‌شمار می‌آید (**۱۹۲۰ ادینگتون**). اما هسته‌های هیدروژن جملگی دارای بار مثبت‌اند و از این رو یکدیگر را می‌رانند. هسته‌ها باید با سرعت بسیار زیادی حرکت کنند تا بر این نیروی رانشی غالب شوند، که به معنای دماهای فوق‌العاده بالای چند میلیون درجه‌ای است، مانند دمای قلب و مرکز ستارگان. غیر قابل تصور بود که چنین واکنشی در سرما بتواند رخ دهد.

پونز و فلایشمن، آن‌طور که خودشان شرح دادند، ظرفی شیشه‌ای را از «آب سنگین» (آب حاوی ایزوتوپ سنگین هیدروژن به نام دوتریم، به جای هیدروژن معمولی) پر کردند و الکترودی را از جنس فلز نامعمول پالادیم در آن غوطه‌ور کردند. وقتی جریانی الکتریکی از این آب سنگین عبور دادند، مقدار زیادی انرژی آزاد شد، خیلی بیشتر از آن انرژی که خودشان به صورت جریان الکتریسیته وارد کرده بودند. مشاهده شد که اتم‌های دوتریم با یکدیگر همجوشیدند، و ماده به انرژی تبدیل شد.

چنین کشفی، اگر حقیقت می‌داشت، فقط فیزیک را تکان نمی‌داد؛ می‌توانست راه حلی هم برای چالش تولید انرژی بدون آلودگی باشد. اما تردید و ناباوری در حق آن فراگیر بود. اگر گداخت واقعاً رخ می‌داد، باید تابش هم، مثلاً به شکل نوترون‌ها،

گسیل شود. اما به نظر می‌رسید که تابشی در کار نیست. سایر پژوهشگران آنچه را که پونز و فلایشمن ادعا می‌کردند انجام داده‌اند، نتوانستند تکرار کنند. همه چیز به عنوان اشتباه یا عدم صلاحیت یا هوچیگری اعلام شد، مثل دیدن کانال‌های سطح مریخ به وسیله‌ی پرسیوال لاول (۱۸۷۷)، یا نهضت تجویز مقادیر زیاد ویتامین C به وسیله‌ی لینوس پولینگ (۱۹۲۸)، به حقه‌بازی گمان برده شد. مثل دروغ انسان پیلت داون (۱۹۱۲)، که کاملاً مشکوک به شیادی بود.

موارد دیگری هم پا به پای این موضوع جریان داشت ــ گزارش کشف‌هایی که سرانجام با شواهد سازگاری و انطباق نداشت. در سال ۱۹٦٦، دانشمندان روسی ادعا کرده بودند که می‌توانند «بَس آب» بسازند، آبی ۱۵ بار چسبنده‌تر از آب معمولی، با چگالی و نقطه‌ی جوش بالاتر. فقط بعد از ۱۵ سال و انجام آزمایش‌های بهتر این ادعا رد شد. بَس آب وجود نداشت. «گداخت سرد»، در مقایسه با «بَس آب»، جنجالی یک‌شبه بود. در ظرف چند ماه بی‌اعتبار شد و در مطبوعات و رسانه‌ها از آن به عنوان شیادی یاد کردند. پونز و فلایشمن به علت جار و جنجال، از شغل‌شان در دانشگاه یوتا برکنار و اخراج شدند.

عجیب این‌که، این کشف هنوز هم فراموش نشده است. تلاش‌هایی اخیراً برای بازتولید آن با موفقیت بیشتری همراه بوده است. باید به یاد آوریم که زمانی لرد کلوین پرتوهای ایکس را شیادی و کلک اعلام کرد (۱۹۰۰)؛ اما چنین نبود. نظریه‌ی میکروب لویی پاستور (۱۸٦۲) را پوچ و بی‌معنی تلقی کردند؛ اما اصلاً این طور نبود. «رانه‌ی قاره‌ای» آلفرد وگنر (۱۹۱۲) را به ریشخند گرفتند؛ این ایده اکنون متعارف و درست است. پونز و فلایشمن هنوز هم ممکن است محق دانسته شوند. فقط زمان و شواهد می‌توانند قضاوت کنند.

برانداختن پرده از راز ژنوم انسان

۱۹۹۰

کشف ماهیت رمز ژنتیکی به دست جیمز واتسون و فرانسیس کریک در سال ۱۹۵۳، امکانات هیجان‌انگیزی را فراهم آورد. اکنون خواندن کل پیام ژنتیکی، یعنی «ژنوم»، به رمز درآمده در درون یاخته‌های یک اندامگان، میسر شده بود. حالا دیگر رمزگشایی دستورالعمل‌ها برای ساختن هر پروتئینی که اندامگان از آن ساخته می‌شود، از جمله تمامی آنزیم‌ها برای کنترل کردن واکنش‌های شیمیایی که حیات را می‌سازند، ممکن شد.

زمان و ابزار درست ضروریات کلیدی به‌شمار می‌آمدند. حتی ساده‌ترین اندامگان‌ها

چندین ژن دارند. اکثرشان صدها یا هزاران ژن دارند، و مقدار بسیار زیادی «زوج‌های پایه» را می‌سازند، که عملاً نامه‌هایی‌اند که در آن‌ها پیام‌ها نوشته می شوند. هر پروتئین باید حاوی چندین دوجین آمینواسید باشد؛ سه نامه (پیام) مورد نیاز است تا هر یک از این آمینواسیدها را بازشناسند. به این ترتیب احتمالاً میلیون‌ها زوج پایه باید خوانده و در رشته‌ی مناسب و درست قرار داده شوند. حتی یک نامه‌ی اشتباه به معنای یک آمینواسید اشتباه و در نتیجه یک پروتئین معیوب است. این کار با بهره‌گیری از روش‌های پر زحمت اوایل دهه‌ی ۱۹۷۰ برای همیشه باید کنار گذاشته می‌شد.

اما ایده‌های روشن و فناوری جدید به موقع پای بر میدان نهادند. فناوری‌های نو را پژوهشگرانی چون فردریک سَنگر انگلیسی (**۱۹۵۵**) و والتر گیلبرت و آلن ماکسام آمریکایی به دست دادند. در سال ۱۹۷۷ آنان مستقل از هم راه‌های جدید و سریع برای «توالی پایه‌ها» یافتند. تا نیمه‌ی دهه‌ی ۱۹۸۰، این روش‌ها خودکار شده بودند و روش‌هایی برای ساختن هزاران نسخه توالی بلند DNA طراحی شده بود، به گونه‌ای که دستگاه‌های توالی‌ساز می‌توانستند به طور همزمان روی آن‌ها کار کنند.

موازی با فناوری نو، نخستین ژنوم کامل در سال ۱۹۷۸ به دست سَنگر به صورت توالی درآمد، و در یک ویروس ساده ۵۰۰۰ زوج پایه فهرست شد. تا نیمه‌ی دهه‌ی ۱۹۹۰، پژوهشگران دیگر دو میلیون توالی زوج پایه در ویروس عامل آنفلوانزا را شناخته بودند؛ آنگاه ژنوم یک اندامگان آزادزی (مایه خمیر)، سپس باکتری روده‌ی انسان، *اشریشیا کلی*، خر بارکش بسیاری تحقیقات در مهندسی ژنتیک (**۱۹۷۲**)؛ سپس ژنوم یک اندامگان چند یاخته‌ای (کرم نخی یا کرمک) را یافتند. در سال ۲۰۰۰ از ژنوم اندامگان دیگری که در تاریخ تحقیقات ژنتیکی مهم است، یعنی پشه‌ی میوه (**۱۹۱۱**)، پرده برداشته شد. این ژنوم با ۱۶۵ میلیون «نامه»، بزرگ‌ترین ژنوم تا آن هنگام بوده است.

البته، هدف نزدیک ژنوم انسان بود، پیامی ژنتیکی که ما آدمیان را توصیف می‌کند. پروژه‌ی بین‌المللی ژنوم انسان[1] در سال ۱۹۹۰ آغاز شد. حتی با وجود هزار پژوهشگر که در ٤٠ کشور کار می‌کردند، پیش‌بینی می‌شد که این کار بیست سال به درازا کشد، و تا سال ۱۹۹۷ فقط ۳ درصد توالی ژنتیکی خوانده شده بود. اما در اینجا نیز فناوری و ایده‌های نو به کمک این جریان شتافت و کار سرعت گرفت. رقابت نیز یاری‌رسان بود، که بخش عمومی در مسابقه با بخش خصوصی به رهبری کریگ ونتنر و کمپانی وی، سِلِرا، سرمایه‌گذاری کرد.

ناگاه در سال ۲۰۰۱ کار تقریباً به فرجام رسید. فهرست‌های ابتدایی سه میلیارد

1. International Human Genome Project

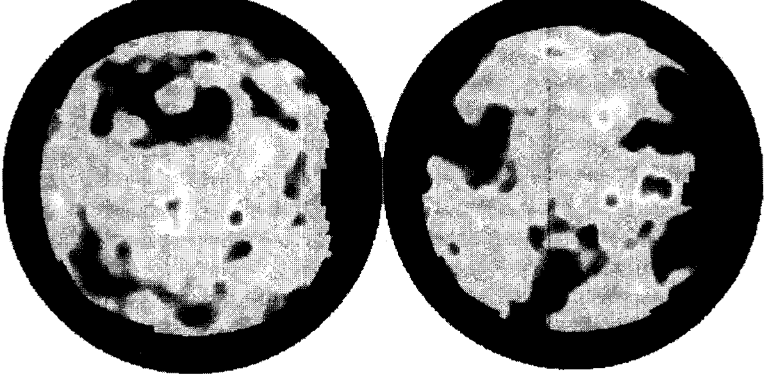
زوج پایه که بیشتر از ۳۰,۰۰۰ ژن انسانی را پر کرده بودند به طور مستقل از جانب دو جریان این اقدام متهورانه انتشار یافت: بخش دولتی و بخش خصوصی. دانشمندان حوزه‌ی پزشکی پیش‌بینی می‌کنند که دانستن ژنوم راه‌های نو و شاید انقلابی برای تشخیص و درمان بیماری‌ها به بار می‌آورد. حتی اگر پیشرفت در این حوزه آهسته و کند باشد، اکنون می‌توانیم بگوییم «خودمان را» به نحوی عمیق‌تر از هر زمان دیگری در گذشته «می‌شناسیم».

کاوشگر زمینه کیهانی (کوبه): موجک‌ها در آسمان

۱۹۹۲ کشف «تابش» ضعیف انرژی میکروموجی گسیلی از تمامی آسمان به وسیله‌ی رابرت ویلسون و آرنو پنزیاس در سال **۱۹٦۵** کاری بیش از تأیید نظریه‌ی مهبانگ درباره‌ی منشأ جهان هستی (**۱۹۵۰**) انجام داد. این تابش عبارت بود از طرح کلی وضعیت جهان هستی فقط چند صد هزار سال پس از تشکیل آن. بررسی دقیق‌تر جزئیات آن پر ارزش می‌بود.

نخستین اندازه‌گیری‌ها و پیمایش‌های تابش زمینه‌ی کیهانی حاکی از آن بود که این تابش «همسانگرد» است، یعنی در تمام جهات دمای یکسانی را نشان می‌دهد (حدو ۲/۷ درجه بالای صفر مطلق). هر چه اندازه‌گیری‌ها دقیق‌تر شد، تغییرات اندک چند هزارم درجه‌ای در تابش کیهانی ثبت شد. برخی از این تغییرات ناشی از اثر دوپلر از کار درآمد (**۱۸٤۲**). این تغییرات نشان دادند که کره‌ی زمین و بقیه‌ی منظومه‌ی شمسی نسبت به تابش زمینه‌ی کیهانی با سرعتی حدود ۳۰۰ کیلومتر بر ثانیه در فضا حرکت می‌کند. حتی تغییرات کوچک‌تر حرکت زمین به دور خورشید، حقانیت کوپرنیک (**۱۵٤۳**) و گالیله (**۱٦۳۳**) را به کرسی نشاندند.

اگر این تغییرات در تابش زمینه‌ی کیهانی تصحیح می‌شدند، چه چیزی باقی می‌ماند؟ تا سال ۱۹۹۲ یک کاوشگر فضایی آمریکایی به نام کاوشگر زمینه کیهانی (COBE) داده‌هایی را به مدت چند سال گردآوری کرده بود. وقتی این مشاهدات جمع‌بندی شد، تغییرات اندکی را در تابش زمینه‌ی کیهانی نشان داد. که «نقاط داغ» و «نقاط سرد» فقط ۳۰ میلیونیم درجه با هم فرق می‌کردند. این تغییرات گرچه اندک اما بی‌گمان واقعی بودند، و هر کدام چند درجه‌ی آسمان را در بر می‌گرفتند ومانند موجک‌هایی به نظر می‌رسیدند. معلوم شد که حتی خیلی قبل، و اندک زمانی پس از آتشگوی مهبانگ، عالم کاملاً یکنواخت نبود، تقریباً، و نه کاملاً. همان هنگام مناطقی وجود داشت که کمی داغ‌تر و بنابراین کمی چگال‌تر از نواحی دیگر بودند.



نیمکره‌ی کیهانی جنوبی نیمکره‌ی کیهانی شمالی

این تصویرها از تابش زمینه‌ی کیهانی (CMB) وضعیت جهان هستی را وقتی کم‌تر از یک میلیون سال عمر داشت آشکار می‌کند. تصویرهای یاد شده که ماهواره‌ی کاوشگر زمینه‌ی کیهانی (COBE) در اوایل دهه‌ی ۱۹۹۰ گرفته، دو نیمه‌ی آسمان شب را، با لکه‌های تاریک و روشن نشان می‌دهند که آشکار می‌کنند دما در کجای تابش زمینه‌ی کیهانی اندکی بیشتر یا کم‌تر از میانگین (یا چند میلیونیم یک درجه) است. این تصاویر نشان می‌دهند که حتی وقتی جهان هستی خیلی جوان بود، کاملاً هم هموار و صاف نبود؛ نواحی اندکی چگال‌تر هم داشت. ستاره‌شناسان معتقدند که این بی‌نظمی‌ها یا «موجک‌ها» دانه‌هایی‌اند که کهکشان‌ها طی میلیاردها سال پیرامون آن‌ها تشکیل شده‌اند.

جهان هستی امروزه، حتی در بزرگ‌ترین مقیاس‌ها، بسیار کم‌تر منظم است. تقریباً تمامی فضا از ماده تهی است. کهکشان‌ها به طور یکنواخت پخش و پراکنده نشده‌اند، بلکه به صورت خوشه‌ها و ابرخوشه‌ها گرد آمده‌اند. در برخی مکان‌ها جاهای خالی به عرض ۱۰۰ میلیون سال نوری وجود دارد، ظاهراً بدون این‌که اصلاً کهکشانی در آن باشد؛ در مکان‌هایی دیگر خطوط درخشان کهکشان‌ها وجود دارند. چنین ساختاری، به طول صدها میلیون سال نوری، دیوار بزرگ نامیده شده است.

تصویرهای کاوشگر زمینه‌ی کیهانی بین گذشته‌های دور و امروز پیوند برقرار می‌کنند. به نظر می‌رسد که افت و خیزهای اندک در چگالی جهان هستی ابتدایی (که موجک‌های کوچک آن‌ها را بازنمایی می‌کردند) طی میلیاردها سال، با ماده‌ای که

در داخل کهکشان‌ها و خوشه‌های مرئی امروز گرد آمده است، بر اثر گرانش قوی‌تر شده‌اند. مشاهدات را حکایت یک «عالم تورمی» (**۱۹۸۰ گوث**) به بهترین وجهی توضیح داد، و به این ترتیب آن نظریه معتبر و پذیرفتنی شناخته شد. تصویرها مؤید ایده‌ی حتی بنیادی‌تری هم بودند، مبنی بر این‌که بیشتر از ۹۰ درصد جهان هستی قابل رؤیت نیست (**۱۹۳۶ تسوایک**). این جهان هستی از ماده‌ی معمولی از نوعی که اندام ما یا سیاره‌ی ما را تشکیل داده‌اند، ساخته نشده است. به نظر می‌رسد که قسمت اعظم آن «ماده‌ی تاریک» غیر قابل آشکارسازی است، و حتی بیشتر از آن از «انرژی تاریک» مرموز تشکیل شده است.

و کاوشگر زمینه‌ی کیهانی حتی چیزهای بیشتری را آشکار کرد. این کاوشگر دقیق‌ترین برآورد از عمر عالم را که تا کنون به عمل آمده (حدود ١٤ میلیارد سال) به دست داده، و نیز برآورد بسیار دقیقی از ثابت هابل را، که سرعت انبساط عالم را نشان می‌دهد (**۱۹۲۹**)، مهیا کرده است. این حکایت همچنان ادامه دارد. پس از پرتاب کاوشگر زمینه‌ی کیهانی، کاوشگر دیگری به نام دبلیومپ (WMAP) اندازه‌گیری‌های حتی دقیق‌تری را انجام داده است؛ ابزارهای پیشرفته‌تری طراحی شده است. با معماهای «ماده‌ی تاریک» و «انرژی تاریک» که باید روشن شوند و به پرسش‌های مربوط به آن‌ها پاسخ داده شود، تابش زمینه‌ی کیهانی در آینده حرف‌های بسیاری برای گفتن دارد.

زمین‌ساخت صفحه‌ای: گرد آوردن همه چیز دور هم ۱۹۹۲

پرتاب ماهواره‌ی لاگوس به مدار زمین در سال ۱۹۹۲، مأموریت مشترکی ۱۶۴۴
بین ایالات متحده‌ی آمریکا و ایتالیا، رویداد مهمی بود، کاری که برای علوم زمین انجام می‌شد که ظهور میکروسکوپ‌ها و تلسکوپ‌ها در قرن هفدهم برای نجوم و زیست‌شناسی انجام داده بودند. اشیاء و آثاری که کوچک‌تر و دورتر از آن بودند که دیده یا اندازه‌گیری شوند اکنون در دیدرس و دسترس قرار می‌گرفتند.

از نظر زمین شناسان، هدف عبارت بود از اندازه‌گیری مستقیم حرکت قاره‌ها. زمانی که نظریه‌ی رانه‌ی قاره‌ای آلفرد وِگنر که ابتدا مورد ریشخند قرار گرفت (**۱۹۱۲**) از طریق کشف گسترش کف دریا احیا شد (**۱۹۵۳ یوئینگ و هس**)، کم‌تر کسی تردید می‌کرد که قاره‌ها حرکت می‌کنند، اما این حرکت کندتر از آن بود که بشود آن را آشکارسازی کرد.

اکنون، باریکه‌های لیزر از ایستگاه‌های زمینی از آینه نصب شده روی این ماهواره بازمی‌تابید و می‌توانست فاصله‌ی بین دو نقطه واقع بر سطح زمین را با دقت چند سانتی‌متر اندازه‌گیری کند. به این ترتیب هر تغییری در آن فاصله ناشی از رانه‌ی قاره‌ای باید در ظرف چند سال نشان داده شود. اکنون با قطعیت می‌دانستند که به طور میانگین قاره‌ها در هر سال چند سانتی‌متری جابه‌جا می‌شوند. با همان سرعتی که ناخن انگشت شما رشد می‌کند.

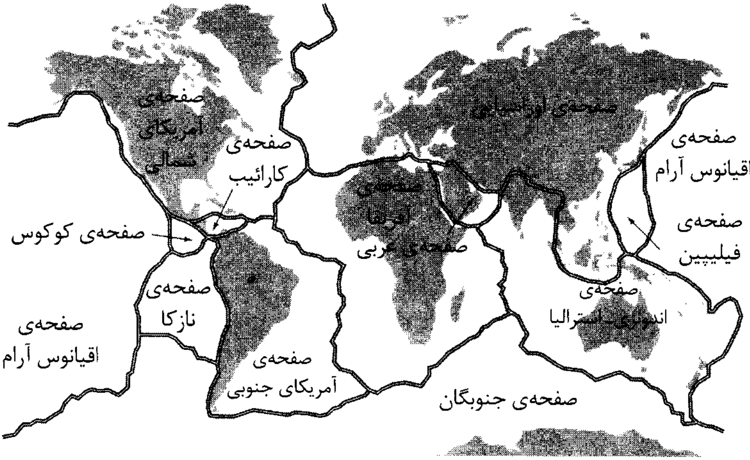
رانه‌ی قاره‌ای، که اکنون به اثبات رسیده بود، به جزئی از تصویری بزرگ‌تر به نام زمین‌ساخت صفحه‌ای[1] تبدیل شده بود. قاره‌ها نسبت به یکدیگر حرکت می‌کنند (همان‌گونه که بستر اقیانوس‌ها حرکت می‌کنند) زیرا روی قطعات مختلف پوسته‌ی زمین حمل می‌شوند، که به این قطعه‌ها صفحه یا ورق می‌گویند. بر روی گوشته‌ی[2] داغ و نه کاملاً جامدی که زیر پوسته‌ی زمین واقع شده، حدود ۱۵ صفحه شناور است. برخی از این صفحات عظیم‌اند، مانند صفحه‌ای که بستر اقیانوس کبیر بر آن واقع است؛ سایر صفحات خیلی کوچک‌اند. نیروهای عظیمی که از زیر وارد می‌آیند آن‌ها را به هر سو می‌رانند؛ این نیروها ناشی از رها شدن گرمای درونی زمین است و عمدتاً از طریق پشته‌های میان اقیانوسی عمل می‌کنند که در آنجا کف جدید دریا پیوسته در حال شکل‌گیری است.

اکنون درباره‌ی همه‌ی این مطالب هیچ تردیدی وجود ندارد، و توضیح پدیده‌های بسیار دیگری را به آسانی و به طور قطعی ممکن کرده است. مثلاً، زمین‌لرزه‌ها را در نظر بگیرید. نقشه‌ها نشان می‌دهند که زمین‌لرزه‌ها عمدتاً در امتداد مرزهای صفحات رخ می‌دهند، بخصوص آنجا که قطعه‌های پوسته‌ی زمین یکدیگر را پس می‌رانند، مانند نواحی پیرامون اقیانوس کبیر. در جایی که یکی از صفحات زیر صفحه‌ی دیگری (زون فرورانش)[3] رانده می‌شود، آتشفشان‌ها و ژرفناها را می‌یابیم. زمین‌ساخت صفحه‌ای را اکنون نیروی عمده‌ی شکل‌گیری سطح سیاره‌ی زمین، در گذشته، حال و آینده می‌دانند.

پژوهشگران با رفتن به عقب در کامپیوتر، و دستیابی به شواهدی دیگر، می‌توانند برآورد کنند که قاره‌ها چگونه آرایش یافته‌اند، و در گذشته هم پیوسته در حال بازآرایی بوده‌اند. این شواهد نشان می‌دهند که تمام قاره‌ها حدود ۳۰۰ میلیون سال پیش، که دایناسورها برای نخستین بار در این سیاره پدید آمدند، به هم وصل بوده‌اند.

---

1. Plate tectonics
2. Mantle (جبه)
3. Subduction Zone



این نقشه نشان می‌دهد که صفحات اصلی که لایه‌ی خارجی زمین در آن‌ها واقع‌اند (پوسته‌ی زمین) شکسته است. حرکت نسبی بین این صفحات سبب می‌شود قاره‌ها رانده شوند، اقیانوس‌ها را بگشایند یا مسدود کنند، و توده‌های خشکی عمده را گرد هم آورند و از هم دور کنند.

در امتداد اکثر خطوط تماس بین این صفحات، کف دریا یا به وجود آمده یا از بین رفته است. اکثر زمین‌لرزه‌ها، آتشفشان‌ها و ژرفناهای عمیق در کف دریا، همراه با رشته کوه‌هایی چون آند، راکی، هیمالیا و آلپ، در نزدیکی مرزهای صفحه‌ای شکل گرفته‌اند.

آن اَبَر قاره، که نخستین‌بار وگنر آن را تصور و تجسم کرد و به نام پانجهآ (به معنای «تمام کره‌ی زمین») نامیده شد، به آهستگی قطعه قطعه شده است، ابتدا به دو قطعه ــ لوراسیا به سوی شمال و گُندوانا (خشکی) به سمت جنوب ــ و سپس به قاره‌هایی که امروز می‌شناسیم، تقسیم شده است. تمامی این فعالیت انگ خود را بر تکامل نهاده است: پستانداران در گوندوانا بودند و، بقیه‌ی موجودات، با تفاوتی چشمگیر نسبت به آن‌ها در لوراسیا می‌زیستند. این قطعه قطعه شدن قاره‌ها اقلیم را هم متأثر کرده است: اعصار یخبندان وقتی بیشتر اتفاق می‌افتند که قاره‌ها حول قطب جنوب گرد می‌آیند، آن گونه که هم اکنون هست.

به این ترتیب زمین‌ساخت صفحه‌ای بسی مهم‌تر از نظریه‌ی مربوط به رانده شدن قاره‌هاست. این اتفاق چارچوب دوربُردی است که قسمت اعظم شواهد را به خود متوجه می‌کند، و دیدی از طبیعت را، مانند نظریه‌ی اتمی (۱۸۰۸) یا معادلات مکسول

(۱۸۷۱) یا رمز ژنتیکی (۱۹۵۳) پدید می‌آورد. زمین‌ساخت صفحه‌ای نمایانگر وحدت فهم و درکی است که علم برای رسیدن به آن تلاش می‌کند.

ویلیام شاپ: حیات چه موقع آغاز شد؟

۱۹۹۳ اگر «آثار و پیشینه‌ی روی سنگ‌ها و صخره‌ها» نبود، تقریباً هیچ چیز درباره‌ی پیشینه‌ی سیاره‌ی خود، یا پیدایش و تکامل حیات نمی‌دانستیم. از زمان لئوناردو دا وینچی (۱۵۱۷)، ذهن‌های ماجراجو انگاشته‌اند که سنگواره‌ها بازمانده‌های اندامگان‌هایی‌اند که زمانی می‌زیسته‌اند و شاید اکنون منقرض شده‌اند. پژوهشگران بعدی پی بردند که توالی سنگواره‌ها تکامل حیات از ساده به پیچیده، از آمیب‌ها تا آدمی، را منعکس می‌کنند. آشکار شد که چگونه گسترش حیات در گذر زمان از طلوع و افول و اوج و حضیض برخوردار بوده است. با کشف عمرسنجی هسته‌ای (۱۹۲۱)، توانستیم دست به محاسبه‌ی سن لایه‌های سنگ و آثار و بازمانده‌های حیات در میان آن‌ها بزنیم.

آن‌طور که چارلز داروین در سال ۱۸۵۹ پی برد، از حیات بسیار اولیه چندان اثری باقی نمانده؛ هیچ چیزی از قبل از ظهور نرم‌تن صدف‌دار و مانند آن در آغاز دوره‌ی کامبرین، که حدود ۵۵۰ میلیون سال پیش از امروز است، باقی نمانده است. به نظر می‌رسید قدیمی‌ترین سنگ‌ها بیش از سه میلیارد سال قبل از آن سخت شده‌اند. به این ترتیب در تمام آن مدت حیات به چه صورتی بوده است؟

همان‌طور که اغلب در تاریخ علم اتفاق می‌افتد، فناوری جدید پاسخ این پرسش را داد. بخصوص دو فناوری ازشمند بودند: راهی برای اندازه‌گیری نسبت ایزوتوپ‌های گوناگون عناصر در نمونه‌ی سنگ، و راهی برای تولید عکس‌های سه بعدی ساختارهای ریز پنهان درون سنگ. اولی توانست رد و آثار کربن را آشکارسازی و نسبت دو ایزوتوپ C12 و C13 را اندازه‌گیری کند، که نشانه‌ی مطلوبی از این است که حیاتی در کار بوده است. دومی توانست شکل یاخته‌هایی را آشکار کند که زمانی زنده بوده‌اند، اگر چیزی بودند که قبلاً می‌بودند.

ویلیام شاپ «زیست‌دیرین‌شناس» (زیست‌شناس حیات دیرین) آمریکایی یکی از استادان ومرشدان این فن‌ها بوده است. در اوایل سال ۱۹۹۳ وی از این فنون و تکنیک‌ها برای یافتن مدرکی از حیات بسیار دیرین در سنگ‌های استرالیای غربی بیابانی، در نزدیکی ماربل بار، بهره گرفت. هرچند که این سنگ‌ها تقریباً سه و

نیم میلیارد سال عمر دارند، بنا بر عناصر پرتوزای گنجیده در آن‌ها، اندامگان‌های سنگواره‌ای در آن‌ها به نحو چشمگیری شبیه به برخی اندامگانی به نظر می‌رسند که امروزه وجود دارند ــ اجتماعات یا کلنی‌هایی که آبسنگ‌ها را در شاخابه‌های کم‌عمق در امتداد کرانه‌ی غربی استرالیا ساخته‌اند. این‌ها سیانوباکتری‌اند، ملقب به «جلبک‌های سبزـ آبی»، اندامگان‌های ابتدایی بدون هسته در یاخته اما قادر به انجام فتوسنتز، که نور خورشید و کربن دیوکسید را برای تهیه‌ی غذای‌شان، به دام می‌اندازند. به نظر می‌رسد که خویشاوندان‌شان که دیری است مرده‌اند بر روی سنگ‌های مجاور می‌توانستند همین کار را انجام دهند.

سنگ‌های قدیمی‌تر حامل سنگواره اکنون در سایر نقاط جهان یا همین سن و سال را دارند یا اندکی جوان‌ترند. به این ترتیب قدمت حیات بر کره‌ی زمین اثبات شده به نظر می‌رسد، هرچند که تقریباً سه میلیارد سال سپری شد تا موجودات زنده دارای بیشتر از یک یاخته شدند. نتیجه‌ی دیگری هم به دست آمد. حتی اگر بازمانده‌های کهن‌تری از حیات یافت نشود، این کشف به معنای آن است که حیات در ظرف چند صد میلیون سالی آغاز شد که سطح زمین رو به سرد و سخت شدن نهاد. چنان بود که گویی حیات منتظر است تا مکانی یافت شود که آن را خانه‌ی خود بخواند.

گالیله در مشتری: مأموریتی اکتشافی در میان بسیار مأموریت‌های دیگر

۱۹۹۵

در دسامبر سال ۱۹۹۵ سفینه‌ی فضایی *گالیله* بعد از شش سال راه پیمودن و سفری چهار میلیارد کیلومتری از زمین، به مدار سیاره‌ی مشتری وارد شد. این مأموریت با نامی مناسب که داشت (۱۶۱۰) بلندپروازانه‌ترین مأموریت اکتشافی تا آن زمان به‌شمار می‌آید، زیرا این کاوشگر قرار بود در مدار این سیاره‌ی عظیم به دور آن بگردد و سامانه‌ی آن را به مدت چندین سال بکاود. این مأموریت با موفقیتی درخشان روبه‌رو شد؛ در طی هشت سال تا ۳۵ مدار مختلف را اختیار کرد، و نشان داد که «اقدامات متهورانه‌ی فضایی» از نخستین ماهواره‌ی ابتدایی که در سال ۱۹۵۷ در مدار زمین قرار گرفت، و عصر فضا را آغاز کرد، تا کنون چه راه درازی را پیموده است.

اگر اواخر قرن بیستم هنگام ظهور و بروز «علم بزرگ» به‌شمار می‌آید، هیچ چیز بزرگ‌تر از چالش کاوش‌های فضایی نیست. این چالش متضمن فواصل و مسافت‌های فوق‌العاده طولانی، سخت‌افزار عظیم، محیط‌های متخاصم، هزینه‌های گزاف و برنامه‌ریزی‌های دقیق ده‌ها ساله است. اما بازده و بهره‌ی آن هم بسیار عظیم

بوده است. شناخت و معرفت ما نسبت به همسایه‌ی کیهانی‌مان، و نیز فهم و درکمان از سیاره‌ی خودمان دگرگون شده است.

قسمت عمده‌ی این مأموریت‌ها و فعالیت‌های فضایی را ایالات متحده‌ی آمریکا انجام داده، اما روسیه، ژاپن و کشورهای اروپایی نیز نام و پرچم‌هایی در بدنه‌ی کاوشگرهای فضایی داشته‌اند، و دانشمندان‌شان هم به فضا رفته‌اند. بسیار اشتباهات و خطاها اتفاق افتاده است. پرتاب برخی کاوشگرها شکست خورده یا به زمین برخورد کرده است، بعضی بی‌سروصدا رفته‌اند، و برخی هم گم شده‌اند. اما رویهمرفته، عصر کاوش‌های فضایی موفقیت و کامیابی مبهوت‌کننده‌ای برای فناوری، مهارت و ابتکار، پشتکار و سخت‌کوشی و دانش و معرفت بوده است. سفینه‌های فضایی پرطاقت و جان‌سختی که از زمین پرتاب می‌شوند دوربین‌ها و تجهیزات علمی چند منظوره‌ای در «پروازهای تجسسی» به تمامی سیارات حمل می‌کنند جز سیاره‌ی دوردست پلوتون، و به مدار ماه، خورشید، زهره، مریخ، مشتری و، همین اواخر، زحل رفته‌اند. ماشین ابزار دست بشر بر سطح ماه، زهره، مریخ و بزرگ‌ترین قمر زحل، تیتان، نشسته و تصویرهایی از این جهان‌های خشن به زمین گسیل کرده‌اند.

از تنوع عظیم چشم‌انداز جهان هستی، از پوسته‌ی سرخ و زرد قمر مشتری، آیو، که با چندین آتشفشان فعال شکل گرفته، تا سطح یخ‌زده‌ی همدم نپتون، تریتون، با آبفشان‌های نیتروژن مایع آن؛ از سنگ‌ها و صخره‌های خشک سوخته از تابش خورشید در عطارد تا انفجار رنگ‌هایی که جوّ غنی از مواد شیمیایی مشتری و زحل را جارو می‌کند و می‌چرخاند.

اکنون دانسته شده است که مریخ میزبان آتشفشان خاموشی به ارتفاع ۲۰ کیلومتر، و دره‌ای به پهنای ۱۰۰ کیلومتر است که نیمی از این سیاره را می‌پیماید. ثابت شده سه یا چهار حلقه به دور زحل (که از زمین هم دیده می‌شوند) صدها حلقه‌اند با ظرافت و شکوهی خیره‌کننده. تعداد اعضای منظوه‌ی شمسی چند برابر شده، با چندین قمر ریز، که حتی با بزرگ‌ترین تلسکوپ‌های زمینی هم نامرئی‌اند، و معلوم شده که در مدارهایی مشتری، زحل، اورانوس و نپتون را دور می‌زنند.

در حالی که ما ناظر و مراقبیم، فرستاده‌های خودکار ما از فراز دنباله‌دار هالی گذشته‌اند، به نرمی بر سیارکی نشسته‌اند، از باد خورشیدی نمونه‌برداری کرده‌اند، از حلقه‌های زحل سالم گذشته‌اند، در سطح ماه و مریخ پرسه زده‌اند و با رادار از پشت ابر تقریباً نفوذناپذیر پیرامون زهره، از سطح آن نقشه‌برداری کرده‌اند. دو کاوشگر کل منظومه‌ی شمسی را ترک کرده‌اند، از مدار نپتون و پلوتون رد شده‌اند و اکنون به سوی

فضای درون سیاره‌ای در حرکت‌اند. گالیله درباره‌ی همه‌ی این چیزها چه فکر می‌کرد، اگر حالا زنده بود؟

آنقدر فرا گرفته‌ایم که هر نوع جمع‌بندی و خلاصه کردن آن، باید مطلب ناقصی باشد. شاید هیجان‌انگیزترین موضع عبارت باشد از شواهد رو به رشدی مبنی بر این‌که مریخ، که اکنون سیاره‌ای سرد و ظاهراً بایر و لم‌یزرع است، زمانی گرم‌تر و بسیار مرطوب‌تر بوده، و اروپا، قمر پوشیده از یخ مشتری، اقیانوس آب‌نمک پنهانی دارد. این محیط‌ها ممکن است با نوعی حیات سازگار بوده، و هنوز هم باشند.

یافتن نخستین سیاره در جایی دیگر

۱۹۹۵ طی ٤٠٠ سال گذشته، از زمان گالیله (**١٦١٠**) و سایر کسانی که برای نخستین بار تلسکوپ ابتدایی خود را به سوی آسمان شب نشانه گرفتند، تعداد اشیای شناخته شده در منظومه‌ی شمسی ما چندین برابر شده است: سه سیاره‌ی دیگر، چندین قمر، صدها و حتی هزاران، دنباله‌دار و سیارک. دانشمندان بر این گمان‌اند که تعداد این اشیاء بسیار بیشتر، شاید میلیون‌ها کُپه‌ی یخ و سنگ دارند در نیمه‌ی تاریک بسی دورتر از سیارات بیرونی، خورشید را دور می‌زنند.

اما همه‌ی این‌ها هنوز هم تحت کنترل خورشیدند، که از قرار معلوم جملگی از یک ابر عظیم و چرخانِ گاز و غبار، مطابق فرضیه‌ی لاپلاس (**١٧٩٦**) تشکیل شده‌اند. با توجه به این‌که میلیون‌ها ستاره شبیه به خورشید وجود دارد، می‌توان پرسید که آیا در جاهای دیگر هم همین فرایند طی شده، و خانواده‌های سیارات به دور ستارگان دوردست حاصل آن بوده است یا خیر. این تصور معقول به نظر می‌رسد، بخصوص از وقتی که تلسکوپ فضایی هابل قرص‌های گاز و غبار به دور سایر سیارات را یافته است.

اما یافتن یک سیاره در جایی دیگر (غیر از منظومه‌ی شمسی) کار دشواری است. سیاره‌ای پیرامون حتی نزدیک‌ترین ستاره‌ی دیگر حتی در بزرگ‌ترین تلسکوپ‌های ما باید بسیار کوچک دیده شود، و چنان در نور خورشید خودش فرو رفته باشد، که آشکارسازی مستقیم آن با فناوری کنونی ناممکن خواهد بود.

خوشبختانه، راه‌های دیگری وجود دارد، و برخی از این راه‌ها دارند به نتیجه می‌رسند، از جمله راهی که کریستین دوپلر کشف کرد (**١٨٤٢**). وی پیش‌بینی کرد که حرکت منبع نور، مانند یک ستاره، رنگ آن را در حین حرکتش تغییر می‌دهد؛ اگر دور شود سرخ‌تر، و اگر نزدیک‌تر شود، آبی‌تر خواهد شد. و به این گونه بود که انبساط

عالم را کشف کردند (۱۹۲۹). کشش گرانشی یک سیاره بر ستاره‌ای که آن را دور می‌زند ستاره را به لرزشی بسیار اندک به عقب و جلو وامی‌دارد. نور گسیلی از این ستاره اندکی سرخ‌تر، سپس اندکی آبی‌تر و دوباره سرخ‌تر می‌شود که این تغییر رنگ با حرکت آن سیاره در مدارش همراه خواهد بود.

تا دهه‌ی ۱۹۹۰ طول کشید تا ابزار تجزیه‌ی نور به اندازه‌ی کافی حساس و دقیق شوند که این لرزش را قابل رؤیت کنند. در اکتبر ۱۹۹۵ خبر مشاهده‌ی نخستین سیاره‌ای که به دور خورشید ما نمی‌گردید، همدم ستاره‌ی فَرَس اعظم (اسب بالدار) ۵۱، اعلام شد. مقدار لرزش و مدت زمان آن برای پژوهشگران این امکان را پیش آورد که هم جرم آن سیاره و هم فاصله از خورشید خودش را محاسبه کنند. جرم سیاره‌ی فَرَس اعظم ۵۱ دست‌کم نصف جرم مشتری است.

با بهبود فناوری، کشف‌های دیگری در پی آمد و تعداد سیارات «فرامنظومه‌ی شمسی» چند برابر شده است. قطعاً منظومه‌ی شمسی ما تنها نیست. در ظرف ده سال، بیش از ۱۰۰ تا از این سیارات شناسایی شده‌اند، که همگی بسیار بزرگ‌تر از زمین‌اند و بسیاری از آن‌ها در مدارهایی بسیار نزدیک به خورشیدشان («مشتری‌های داغ») قرار دارند. روش‌های دیگری باید به یافتن سیارات کوچک‌تر کمک کنند، از جمله اندازه‌گیری نور ستاره در هنگامی که سیاره از مقابل آن عبور می‌کند. اما یافتن سیاره‌ای با ابعاد زمین احتمالاً نیاز به تلسکوپ خاصی دارد که در مدار قرار داده شود. آژانس فضایی اروپا برای انجام مأموریتی از این دست، به نام *داروین*، برنامه‌ریزی‌هایی کرده است.

آزمایشگاه فرمی کوارک سَر را می‌یابد

۱۹۹۶ در سال ۱۹۹۶، شتابگر ذرات بسیار بزرگ واقع در آزمایشگاه فرمی[1] در حومه‌ی شیکاگو آن چیزی را یافت که جستجویش می‌کرد ــ شاهدی از وجود آزاد ناپایدار ذره‌ای زیراتمی به نام «کوارک سَر»[2]، که وجودش پیش‌بینی شده اما هرگز یافته نشده بود. این کشف با شناسایی عناصر جدید همزمان و موازی شد که شکاف‌ها را در جدول تناوبی دیمتری مندلیف (۱۸۷۵) پر می‌کردند و یا کشف پوزیترون در تأیید پیش‌بینی (۱۹۲۸) و وجود پادماده از جانب پل دیراک.

فیزیک ذرات در اواخر قرن بیستم نمایانگر «علم بزرگ» در بزرگ‌ترین ابعادش بود. این شتابگر پروتون‌ها و پادپروتون‌ها را به محیط حلقه‌ای به قطر سه کیلومتر با

1. Fermilbab
2. top quark

سرعتی نزدیک به سرعت نور پرتاب می‌کرد. وقتی باریکه‌ها به هم برخورد می‌کردند، انرژی‌ای در مرتبه‌ی تریلیون‌ها «الکترون ولت» رها می‌کردند: نخستین شتابگرها (**۱۹۳۲ آزمایشگاه کاوندیش**) فقط می‌توانستند ۱۰۰,۰۰۰ الکترون ولت انرژی تولید کنند. از آتشگوی تولید شده در هنگامی که پروتون‌ها و پادپروتون‌ها یکدیگر را نابود می‌کنند، ذرات جدیدی می‌تواند زاده شود، البته اگر انرژی کافی در دسترس باشد.

تا سال ۱۹۹٦ «تواترون» در آزمایشگاه فرمی در بالای سطح انرژی بحرانی مشغول به کار شده بود. با برخورد باریکه‌های ذرات، تیم‌های گرد هم آمده‌ی متشکل از صدها فیزیکدان و مهندس (جزء دیگری از «علم بزرگ») شواهدی را جمع آوری کردند، که مدرک مستقیم وجود کوارک سر نبود، زیرا این ذره به محض ایجاد شدن تجزیه می‌شد، اما از واریزه‌های نابودی آن‌ها این شاهد به دست آمد. با گردآوری این ریزه‌ها و قطعه‌ها، و ردگیری گذشته‌ی آن‌ها، روشن شد که کوارک سَر ــ در واقع بسیاری از آن‌ها ــ به طور موقت و گذرا وجود داشته‌اند.

پیش‌بینی کوارک سر از آن چیزی ناشی شد که فیزیکدانان با عبارت «مدل استاندارد» (**۱۹٦۷ گلاشو، سلام، واینبرگ**) از آن یاد کردند، مجموعه‌ای از روابط که می‌توانستند آرایه‌ی حیرت‌زای «ذرات بنیادی» را توضیح دهند که می‌دانستند وجود دارند. مدل استاندارد مفهوم کوارک‌ها را، که تعدادشان سه تا بود، و نخستین بار در سال **۱۹٦۳** در حکم سنگ بنای بخصوص پروتون‌ها و نوترون‌ها مطرح شدند، در بر می‌گرفت. با تکوین یافتن این نظریه، به نظر می‌رسید که نقش ما از چنین ذراتی برای توضیح دادن صورت‌های گوناگون مشاهدات لازم‌اند، اما فقط دو کوارک («بالا» و «پایین») در درون هر ماده‌ای یافت شد. بقیه‌ی کوارک‌ها، همگی ناپایدار، احتمالاً در روزهای فوق‌العاده داغ و چگال عالم اولیه وجود داشت؛ اکنون دانشمندان باید آن‌ها را در دستگاه‌های عظیمی شبیه دستگاه‌های موجود در آزمایشگاه فرمی، تولید می‌کردند.

همچنان‌که انرژی این دستگاه‌ها به تدریج افزایش می‌یافت، کوارک‌ها یکی یکی ایجاد می‌شدند: کوارک «شگفت»، کوارک «افسون»، کوارک «ته». کوارک «سر»، به عنوان سنگین‌ترین کوارک، آخر از همه فرا رسید. به نظر می‌رسد فیزیکدانان مطمئن‌اند که دیگر کوارکی یافته نخواهد شد، اما ساختن و جستجو را متوقف نکرده‌اند. هدف بعدی «ذرات هیگز» است، که مدل استاندارد باید توضیح دهد که چرا تمام ذرات دیگر جرم دارند. این ایده از این قرار است که جرم نتیجه‌ی ذرات دیگری است که ذرات هیگز را مبادله می‌کنند، درست همان‌گونه که نیروی بین بارهای الکتریکی ناشی از مبادله‌ی فوتون‌هاست.

برای یافتن ذرات هیگز ــ و سایر ذرات ــ بزرگ‌ترین آزمایشگاه فیزیک ذرات در جهان در سرن واقع در حومه‌ی ژنو در سویس در حال حاضر (۲۰۰۵) در حال آماده‌سازی یک شتابگر غول‌پیکر، واقع در حلقه‌ای زیرزمینی به محیط ۲۷ کیلومتر است. هزینه‌ی این پروژه یک میلیارد دلار است. این موضوع نشان می‌دهد که یافتن ذره‌ی هیگز برای فیزیک چقدر مهم است: یافتن این ذره مدل استاندارد را تقریباً تکمیل می‌کند.

	ذرات ماده			**ذرات نیرو**
	نسل ۱	**نسل ۲**	**نسل ۳**	
باریون‌ها	کوارک بالا	کوارک شگفت	کوارک سر	فوتون (نیروی الکترومغناطیسی)
	کوارک پایین	کوارک افسون	کوارک ته	گلوئون (نیروی قوی)
لپتون‌ها	الکترون	موئون	تائو	W+ ، W- (نیروی ضعیف)
	نوترینو	نوترینوی موئونی	نوترینوی تائوئی	Z_0 (نیروی ضعیف)

در این جدول ۱۶ «ذره‌ی بنیادی»، مطابق مدل استاندارد پذیرفته شده‌ی ماده، درج و فهرست شده است. دوازده تا از این ذرات در ترکیب‌های گوناگون با هم ادغام می‌شوند تا ماده را بسازند؛ چهار ذره‌ی دیگر حامل نیروهایی‌اند که ذرات ماده را می‌ربایند، می‌رانند، یا تغییر می‌دهند.

*ذرات ماده به صورت سه «نسل» بروز می‌کند. فقط ذرات نسل اول (کوارک‌های بالا و پایین ــ که به سه صورت ترکیب می‌شوند تا پروتون‌ها و نوترون‌ها را بسازند ــ الکترون و نوترینو) در ماده‌ی معمولی یافت می‌شوند. نسل‌های دیگر بسیار سنگین‌ترند و به سرعت تجزیه یا واپاشیده می‌شوند. ذرات موئون (مزون) و تائو مانند الکترون‌های سنگین رفتار می‌کنند؛ هر یک نوترینوی خاص خودش را دارد (**پائولی، ۱۹۳۲**).*

مدل استاندارد شامل گرانش نیست، از این رو ذره‌ی تجزیه شده‌ای وجود ندارد که حامل آن نیرو باشد.

جیمز تامسون: نوید یاخته‌های ستاکی

۱۹۹۸

استفاده از «یاخته‌های ستاکی» برگرفته شده از جنین انسانی برای تحقیقات یا درمان امروزه مناقشه‌ای در جریان است، که بر سر آن بین نگرش عامه‌ی مردم و دولت‌ها شکاف افتاده است. این مباحثه بسیار جدید است، زیرا فقط در سال ۱۹۹۸ بود که کشت جنین یاخته‌هایی برای نخستین بار انجام شد.

جیمز تامسون آمریکایی کسی بود که برای نخستین بار به این کار دست زد. وی گروهی از زیست‌شناسان را هدایت می‌کرد که پنج خط مستقل یاخته‌های ستاکی بر پایه‌ی جنین آدمی را بدون نیاز به یک برنامه‌ی باروری در لوله‌ی آزمایش جا انداختند و تثبیت کردند. این پنج خط نخستین یاخته‌های ستاکی جنینی نبودند، بلکه نخستین یاخته‌های ستاکی جنین انسان بودند. قبلاً از جانوران کوچک‌تری چون موش‌ها این یاخته‌ها را استخراج کرده بودند. تامسون خودش آن‌ها را از میمون‌های آزمایشگاهی (رزوس) به دست آورده بود.

یاخته‌های ستاکی از یاخته‌ای بارور شده کم‌تر از یک هفته بعد از آبستنی، در زمانی که توده‌ی یاخته یک گوی توخالی به نام تَنده‌ی یاخته است، گرفته می‌شود. جرم یاخته در یک طرف سطح داخلی این گوی به جنین تبدیل می‌شود؛ یاخته‌های ستاکی در اینجا یافت می‌شوند. از آنجا که هیچ‌گونه سازماندهی یا تفکیک یاخته‌ها هنوز صورت نگرفته است، این یاخته‌ها همگی، مستقل از شرایط، از امکان بالقوه‌ی تکوین یافتن به هر نوع یاخته‌ای که در بدن یافت می‌شود، در دستگاه عصبی، روده، خون، معده، استخوان، بافت غضروفی یا هر اندامی، برخوردار است. این یاخته‌ها همین‌که در محیط کشت قرار گیرند به تقسیم شدن و افزایش تعداد، اساساً برای همیشه، ادامه می‌دهند اما شکلشان تغییر نمی‌کند. توانایی منحصربفرد خود را برای تبدیل شدن به هر نوع یاخته‌ای حفظ می‌کنند.

بسیاری از پژوهشگران آینده‌ی بسیار نویدبخشی برای یاخته‌های ستاکی می‌بینند، هم در افزایش فهم و درک ما از چگونگی کارکرد بدن آدمی در سطح سلولی، مانند این‌که چرا یاخته‌های بیمار می‌میرند، و هم در یافتن راه‌هایی برای درمان بیماری‌هایی چون مرض قند، آلزایمر (کوچک شدن حجم مغز)، پارکینسون (لغوه) و سرطان. یاخته‌های ستاکی از نوعی که در افراد بالغ یافت می‌شود، از آن دست یاخته‌هایی‌اند که پیوسته یاخته‌های خون یا اعصاب یا پوست را بازسازی می‌کنند. اما در حال حاضر تا محدوده‌ی خاصی تخصصی شده‌اند، به طوری که یاخته‌های ستاکی بالغ تشکیل‌دهنده‌ی پوست را نمی‌توان جایگزین یاخته‌های خون کرد. این یاخته‌ها به

ترمیم یک عضو بیمار هم کمکی نمی‌کنند.

به این ترتیب بهترین نتایج را احتمالاً از بهره‌گیری از یاخته‌های ستاکی جنینی می‌گیرند، اما تحقیقات بسیار دامنه‌داری باید انجام شود.

عالمی بنفش‌رنگ: سیاهچاله‌ها و رگبارها

۱۹۹۹ اگر در یک شب پر ستاره در بیرون از خانه گشتی بزنید و به بالای سرتان چشم بدوزید، همه چیز آرام به نظر می‌رسد. هیچ حسی از حیات و زندگی در شدت و خشونت حاکم بر جهان هستی به نظرتان نمی رسد. با همه‌ی این احوال رویدادهای طغیانی همواره در آنجا اتفاق می‌افتند. برخی از این اتفاقات برای همه قابل رؤیت‌اند، مانند اَبر نواختری که در سال‌های ۱۵۷۲ و۱٦۰٤ ظهور کرد (آسمان‌های ناآرام). دیگر رویدادها به نوعی آشکارسازی و ابزار اندازه‌گیری نیاز دارند که در سال‌های اخیر در اختیار پژوهشگران قرار گرفته‌اند.

مثلاً، اکنون تجهیزات و ابزاری در دست است که جریان پرتوهای ایکسی را اندازه می‌گیرند که از برخی بخش‌های آسمان می‌آیند. این «نقطه‌های داغ پرتو ایکس» تقریباً به طور قطعی حاصل ماده‌ای‌اند که به نحوی متلاطم تحت تأثیر گرانش شدید اطراف سیاهچاله، از نوعی که کارل شوارتسشیلد وجودش را پیش‌بینی کرد (**۱۹۱٦**)، گرم می‌شود.

دانشمندان همچنین بر این باورند که سیاهچاله‌های عظیمی با جرمی چندین میلیون برابر جرم خورشید در درون کهکشان‌ها، از جمله کهکشان خود ما، مخفی شده‌اند. ستارگان در مدارهایی به مرکز چنین کهکشان‌هایی با چنان سرعتی می گردند که باید جرم عظیمی باشد که آن‌ها را به این حرکت وادارد. این سیاهچاله‌ها اکنون آرام به نظر می‌رسند، اما در کهکشان‌های بسیار دور وقتی جهان هستی بسیار جوان‌تر بود گاز و غبار بلعیدند، و حتی کل ستاره را شکافتند، و به صورت چراغ‌های پر نور خیره‌کننده روشن می‌شوند و اکنون به صورت اختروش قابل رؤیت‌اند (**۱۹٦٤ هازارد و اشمیت**).

دیگر خانواده‌ی اشیای ناآرام، رگبارهای پرتو گاما[1]، اتفاقی یافته شد. در سال ۱۹۷۳ ماهواره‌های واقع در مدار برای آشکارسازی آزمایش‌های مخفیانه‌ی جنگ‌افزارهای هسته‌ای رگباری از تابش گاما را، مانند آن‌که آزمایش هسته‌ای تولید می‌کند اما

1. Gamma ray bruster (CRB)

گسیلی از اعماق فضا، ثبت کردند. چیز عجیبی در جریان بود. در سال ۱۹۹۱ بود که یک تلسکوپ پرتو گامایی خاص در مدار قرار گرفت باز هم چنین رگبارهایی را آشکارسازی کرد. این تلسکوپ آن‌ها را که حدود هر یک روز وارد و به نحو ناموزونی در آسمان پراکنده می‌شدند، ثبت کرد. این تلسکوپ نشان داد که منشأ این رگبارها دوردست‌های کهکشان ماست، که در غیر این صورت در ناحیه‌ای از آسمان که مرکز کهکشان قرار دارد مقدار بیشتری از آن‌ها باید یافت می‌شد (**۱۹۱۸**).

باز هم زمانی بعد، شبکه‌ای چنان راه انداخته شد که تلسکوپ‌های نوری توانستند به سرعت به سوی بخشی از آسمان نشانه روند و از آن عکس بگیرند که یک رگبار پرتو گاما از آنجا گزارش شده بود. چنین فرصتی در سال ۱۹۹۹ دست داد. تلسکوپ‌ها یک نقطه‌ی درخشان نورانی را یافتند. این نقطه‌ی نورانی به سرعت رنگ باخت، اما فرصتی برای اندازه‌گیری یک جابه‌جایی سرخ (**۱۹۱۲ اسلایفر**) پیش آمد. این امر حاکی از آن بود که منبع پرتوهای گاما در فاصله‌ی شگفت‌آور نه میلیارد سال نوری، بیشتر از فاصله تا لبه‌ی جهان هستی قابل مشاهده، قرار دارد. انرژی رها شده، برای این‌که اصلاً در چنین فاصله‌ای آشکارسازی شود باید معادل این بوده باشد که خورشید ما کلاً ناگهانی به تمامی به انرژی تبدیل شود. خبرگان هنوز هم در این فکرند که چگونه چنین اتفاقی می‌تواند رخ دهد.

اگر رگبار پرتو گاما، یکی از بزرگ‌ترین رگبارهای دیده شده، در داخل کهکشان خودمان، مثلاً در فاصله‌ی ۲۰۰۰ سال نوری، بوده باشد، نور آن باید آسمان شب را دو بار نورانی‌تر از آسمان کنونی روشن می‌کرد. بسیار نزدیک‌تر می‌بود و ما باید کباب و برشته می‌شدیم. اما فاصله‌ی نه میلیارد سال نوری به معنای نه میلیارد سال برگشتن به عقب است. شاید این رگبارها، مانند اختروش‌ها، فقط در گذشته وجود داشته‌اند. اگر اکنون ظهور نکنند، دیگر در نزدیکی ما ظهور نخواهند کرد.

۲۰۰۱ و بعد از آن

پنج قرن کاوش و بینش، برگرفته از سنت و عرفی که در اروپا رشد یافته بود، قسمت اعظم کارکردهای طبیعت را که قبلاً پنهان (و حتی تصورناپذیر) بود، آشکار کرده است. شناخت و معرفت بر آنچه دانشمندان کشف کرده‌اند به نحو گسترده‌ای در سرتاسر جامعه پراکنده شده است. هر دانش‌آموز دبیرستانی درباره‌ی چیزهایی آگاهی و اطلاع دارد که باعث تعجب و بهت لئوناردو دا وینچی می‌شد.

چه چیزی در برابر چشمان‌مان نهاده است؟ در دهه‌ها و سده‌های آتی علم چه چیزهایی را هویدا خواهد کرد؟ البته، پاسخ نامعلوم است، اما برخی پرسش‌هایی را می‌دانیم که مطرح خواهند شد. خطوط عمده‌ی پرسشی که در ۵۰۰ سالِ گذشته مطرح کرده‌ایم کماکان ادامه دارند. در بزرگ‌ترین مقیاس، چگونگی پیدایش جهان هستی، پیشینه و آینده‌ی آن را، به طور کامل‌تری خواهیم فهمید (**۱۹۵۰ مهبانگ**). درباره‌ی ماهیت «ماده‌ی تاریک» و «انرژی تاریک» که به نظر می‌رسد قسمت اعظم عالم قابل تشخیص را تشکیل می‌دهند، اطلاعات بیشتری به دست خواهیم آورد (**۱۹۹۲ کاوشگر زمینه‌ی کیهانی**).

مطالعه‌ی همسایگان نزدیک‌مان چون مریخ، اروپا، قمر مشتری (**۱۹۹۵ گالیله در مشتری**)، می‌تواند رد و آثاری از حیاتِ حال حاضر یا گذشته‌ی جاهای دیگری غیر از زمین را روشن و پیدا کند. سیاراتی به ابعاد زمین به دور ستارگان دیگر (**۱۹۹۵ نخستین سیاره**) را خواهیم یافت، زیرا در مورد وجود آن‌ها تردید اندکی وجود دارد، و تصویرهایی از آن‌ها در دست است. مطالعه‌ی جوّ آن‌ها روشن خواهد کرد که آیا حاوی حیات هستند یا خیر، دیری نمی‌گذرد که قادر خواهیم بود به آن‌ها نزدیک شویم.

در آن سوی این مقیاس اندازه، تماس‌های نهایی با مدل استاندارد ماده و نیروها (**۱۹۹۶**) برقرار خواهد شد. ذره‌ی هیگز را، اگر وجود داشته باشد، خواهیم یافت. اما اگر تجربه‌ی پیشین راهنمایی باشد، در این صورت جستجو در پی توضیحی حتی

جامع‌تر را درباره‌ی علت رفتار ماده آغاز خواهیم کرد. نتیجه‌ی این حرکت وارد کردن نیروی گرانش به مدل استاندارد است تا «نظریه‌ی همه چیز» تدوین شود.

پروژه‌ی ژنوم انسان (**۱۹۹۰**)، اکنون تقریباً تکمیل شده و جد و جهدهای جدیدی در کنار آن باید انجام شود. یکی از آن‌ها هم اکنون در راه است: «پروتئومیک» (در مقابل با «ژنومیک») در جستجوی تعیین هویت و تشریح هر یک از ده‌ها هزار پروتئین مختلفی که کارگاه سازنده‌ی آن تحت کنترل ژنوم (**۱۹۵۹**) است، و نوع آدمی و سایر اندامگان‌ها را می‌سازد و تنظیم می‌کند. منافع عملی چنین شناختی عظیم خواهد بود.

قادر خواهیم بود فصل‌های خالی و مفقود در حکایت تکامل خودمان را بنویسیم و پر کنیم (**١٩٦٤ لیکی**) و فهم و درک کامل‌تری از کل الگوی حیات بر سیاره‌ی خود تشکیل دهیم (**١٩٦٧ مارگولیس**). به درک کامل‌تری از چگونگی کارکرد واقعی اندام‌های پیچیده‌ای چون مغز خواهیم رسید (**١٩٦١، ١٩٧٥**). قطعاً دست‌کم به پدید آمدن موجودات زنده از مواد شیمیایی بی‌جان نزدیک خواهیم شد (**۱۹۵۳ میلر و یوری**).

در حوزه‌ی علوم زمین، همچنان به قدرت و توانایی زمین‌ساخت صفحه‌ای (**۱۹۹۲**) برای توضیح دادن، و حتی شاید پیش‌بینی کردن، چگونگی رفتار این سیاره یا رفتاری که در آینده خواهد داشت، نزدیک‌تر می‌شویم. توانایی پیش‌بینی زمین‌لرزه‌ها، فوران‌های آتشفشانی و سونامی نگاهی وسوسه‌انگیز است، گرچه چندین دهه با آن فاصله است، و ممکن است هرگز هم دست نیاید.

در این حوزه‌ها و زمینه‌های مرتبط‌شان، چون هواشناسی، پژوهشگران به واسطه‌ی فناوری پردازش اطلاعات که با سرعت هرچه بیشتری قدرت می‌گیرد و تقویت می‌شود، که این امکان را فراهم می‌آورد سامانه‌های طبیعی هر چه پیچیده‌تر در اَبَر رایانه «شبیه‌سازی» شوند. پیش‌بینی وضع هوا و تغییرات اقلیمی (**۱۹۲۲ بیئرکنس**) هرچه مطمئن‌تر و دامنه‌ی آن هرچه گسترده‌تر می‌شود. شیمیدانان قادر به تجزیه‌ی کامل‌تر مولکول‌های مفید و طراحی تجزیه‌های بهتر خواهند شد. فیزیکدانان دیدی از نخستین لحظه‌های عالم، یا واپسین لحظه‌های آن، پیدا خواهند کرد.

با راه‌های جدید نگریستن به جهان، معرفت و شناخت جدیدی دست خواهد داد. ابزار و آلات گردآوری و تحلیل اطلاعات، با توان و پیچیدگی‌هایی که هرگز مشاهده نشده است، ساخته و به کار گرفته می‌شوند: تلسکوپ‌هایی با توان گردآوری نوری یک میلیون برابر توان میکروسکوپ گالیله (**۱۶۱۰**)؛ مشاهدات و رصدهای مداری و زمینی به سوی هر نوع سیگنالی برگشته‌اند که جهان هستی ایجاد می‌کند؛

میکروسکوپ‌هایی منحنی تغییرات تک اتم‌ها را ترسیم می‌کنند؛ و رگبارهای نور لیزر چندان کوتاه که می‌توانند واکنش‌های شیمیایی در حال کنش را هدایت و کنترل کنند.

بسیاری از فناوری‌هایی از این دست به صورت تسهیلات بزرگ بین‌المللی جای خود را پیدا خواهند کرد، آن‌طور که قبلاً هم دیده‌ایم. «علم بزرگ» ظاهراً قرار است باز هم بزرگ‌تر شود. گروه‌های پژوهشی که از این امکانات بهره می‌گیرند نیز بزرگ و پر جمعیت خواهند بود؛ در اینجا نیز آن تغییر از قبل آشکار است. از اینجا گمان برده می‌شود که هیچ تک دانشمندی بر صحنه حاکم نخواهد بود، آن‌طور که گالیله، نیوتون، لاووازیه، پاستور، داروین یا اینشتین بودند. هیچ تک پژوهشگری هم طیف گسترده‌ای از پدیده‌ها را همچون دا وینچی، هوک، کاوندیش یا میچل پوشش نخواهد داد. گروه‌های چند رشته‌ای کماکان برای اکثر چالش‌ها نقش اساسی بازی خواهند کرد، اما بازیگران فردی هم هر کدام نقش کوچک خود را بازی خواهند کرد.

اظهار شده است که به زودی شاهد «پایان علم» خواهیم بود، که تمامی پرسش‌های جدی مطرح و به آن‌ها پاسخ داده شده باشد. البته، این ادعا قبلاً هم مطرح شده است (**۱۹۰۰ کلوین**)، و احتمالاً در اینجا نیز خطا بودن آن اثبات خواهد شد. پانصد سال کشف علمی نشان داده است که هر گونه پیشرفتی در ابزارسازی و ابزار دقیق پدیده‌های نو و غالباً غیرمنتظره را آشکار می‌کند؛ که هر پرسشی که پاسخ داده شود، سوآل‌های بیشتری را پیش می‌آورد؛ که نظریه‌هایی که قبلاً پشتیبانی کافی داشته‌اند غالباً باید، کم وبیش، شاهد و مدرک جدید به بار آورند.

و حتی اگر زمانی همه چیز را درباره‌ی چگونگی کارکرد جهان بدانیم، همیشه یک هدف ژرف برای علم باقی خواهد ماند، حتی فراتر از انگیزه‌ی توانمند آن برای قدرت تخیل و خشنودی خاطری که برای کنجکاوی بی‌پایان آدمی به بار می‌آورد. به علم نیاز داریم که به ما کمک کند تا پیامدهای مراحل خاص کنش را، مانند کنش‌هایی که هم‌اکنون آن‌ها را پی می‌گیریم، مشاهده کنیم.

مسائل عمده و مهمی چون گرمایش جهانی، بهترین طریقه‌ی مصرف منابع، مهندسی ژنتیک و نانوفناوری فراتر از چالش‌های پیش روی فهم و درک علمی‌اند. حل این مسائل معمولاً نیازمند اقدام جمعی و سیاسی فوری و مبرم است، برای این‌که به آگاهانه‌ترین و درست‌ترین انتخاب‌ها برای حال و آینده دست بزنیم، به دسترس‌پذیرترین اطلاعات و بینش‌ها نیاز داریم. علم برای بقای آدمی و سایر گونه‌ها، و برای ارتقای کیفیت زندگی و حیات آدمی، ابزاری حیاتی است. به همین دلیل است که کماکان به موجودیتش ادامه خواهد داد.

برای مطالعه‌ی بیشتر

کتاب‌ها

Dictionary of the History of Science, W. F. Bynum, E.J. Brown and Roy Porte (eds), Macmillian Reference Paperbacks, UK, 1981.

مروری جامع در تاریخ علم و حوزه‌های مرتبط، به کمک و قلم بسیاری از کارشناسان خبره.

Science in History (four volumes), J.D. Bernal, Pelican Books, UK, 1969 (third ed.).

مطالعه‌ای کلاسیک به قلم فیزیکدانی پیشرو، در علم و برهم‌کنش آن با جامعه و سیاست.

A Short History of Nearly Everything, Bill Bryson, Broadway Books, USA, 2003.

این کتاب تحت عنوان *تاریخچه‌ی تقریباً همه چیز*، به ترجمه‌ی محمدتقی فرامرزی، به وسیله‌ی انتشارات مازیار منتشر شده است.

Science, Past and Present, F. Sherwood, Taylor Mercury Books, UK, 1945.

کتاب کلاسیک دیگری، با نقل قول‌های مفصل از مقاله‌ها و رساله‌های تاریخی. به قلم یکی از آموزشگرهای مهم شیمی.

منابع برخط (آنلاین)

Reference.allrefer.com/encyclopedia/Science_and_technology/biographies. Html
www.history.mcs.st-and.ac.uk/history/BiogIndex.html
scienceworld.wolfram.com/biography/

سه پایگاه بالا حاوی زندگینامه‌ی کوتاه و مختصر چند صد تن از کارآمدان عرصه‌ی علم و فناوری‌اند.

www.psigate.ac.uk/newsite/science_timeline.html

حاوی گاهشماری درخشانی از کشف‌های علم فیزیک

http://www.strangescience.net/timeline.htm

حاوی گاهشماری زیست‌شناسی و سنگواره‌ها

www.physics.ohio-state.edu/~wilkins/science/sctmln.html
http://www.encyclopedia4u.com/I/list-of-themed-timelines.html

این دو پایگاه گاهشماری‌های تخصصی بیشتری دارند.

The Galileo Project at http://galileo.rice.edu/lib/catalog.html

مجموعه‌ی شگفتی از بیش از ۶۰۰ زندگینامه‌ی مفصل درباره‌ی اعضای انجمن علمی در خلال قرن‌های شانزدهم و هفدهم

www.chemheritage.org/explore/explore.html

معمولاً آن چیزی است که در حوزه‌های خاص علم (در این مورد، شیمی) در دسترس است.

100.1911encyclopedia.org

ویراست سال ۱۹۱۱ دانشنامه‌ی بریتانیکا، که احتمالاً جامع‌ترین ویراست آن تا کنون است.

Wikipedia at http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page

مرجع برخط یادنامه‌ی جمعی، بسیار پر ارزش است.

Nobelprize.org

اطلاعات جامع درباره‌ی برندگان جایزه‌ی نوبل

Quatationspage.com

منبع بسیار خوبی از نقل قول‌ها

نمایه

در آن دسته از اعلام که تاریخ تولد و مرگ در مقابلشان نیامده، علت این بوده که مترجم در منابع قابل دسترس خود آن‌ها را نیافته است.

آئوئی، رنه ژوست (۱۸۲۲-۱۷۴۳) ۲۲۷، ۲۲۸، ۲۸۹
آب‌آوردگی ۲۲۹
آب گازدار ۱۷۴، ۲۰۹
آبله‌ی گاوی ۲۴۲، ۴۱۰
آب و هوا ۱۲، ۱۲۱، ۲۲۲، ۲۲۳، ۲۶۶، ۳۴۴، ۴۷۹، ۴۸۱، ۴۹۴، ۴۹۵، ۵۰۳، ۵۰۵
آتشفشان‌ها ۳۰، ۲۱۱، ۵۳۰، ۶۱۲، ۶۱۳
آدامز، جان کوچ (۱۸۹۹-۱۸۱۲) ۳۲۷، ۳۲۸
آذرخش ۱۷۸، ۱۷۹، ۲۹۰، ۲۹۹، ۳۵۷، ۵۸۸
آر ان ای (RNA) ۵۴۳، ۵۴۶، ۵۶۴، ۵۷۱، ۵۷۲، ۵۸۳، ۶۰۴
آردوئینو، جیووانی ۱۸۸، ۱۸۹، ۲۴۸، ۳۷۳، ۵۰۰
آرگون ۳۸۶، ۴۱۵، ۴۱۶، ۴۲۲، ۴۲۵، ۴۲۶، ۵۱۱، ۵۱۲
آرنیوس، اسوانته (۱۹۲۷-۱۸۵۹) ۴۰۵، ۴۰۶، ۴۱۷
آزرینسکی، یوجین ۵۶۰
آزمایشگاه فرمی ۶۱۸، ۶۱۹
آزمایش‌هایی بر روی گیاهان ۲۲۰
آغاز «قرن الکتریکی» ۲۵۰
آفریقا در اکثر صفحات
آگاسی، لویی ۳۵۱، ۳۵۲، ۳۹۰
آگاسیز، لویی (۱۸۷۳-۱۸۰۷) ۳۱۵
آلبینوس، برنارد (۱۷۷۰-۱۶۹۷) ۱۶۷
آلفر، رالف ۵۴۹، ۵۸۲
آلوارز، لوئیسو والتر (۱۹۸۸-۱۹۱۱) ۲۴۴، ۲۸۰، ۵۹۹
آمار گیاهی ۱۴۳
آمپر، آندره ماری (۱۸۳۶-۱۷۷۵) ۲۹۱، ۲۹۴
آموزش شیمی ۲۹۹، ۳۲۰
آموزش طب ۱۳۹
آمونتون، گیوم ۱۲۹، ۱۳۰، ۲۲۶، ۳۳۹
آمونیاک ۲۱۰، ۲۷۱، ۲۷۷، ۲۷۸، ۵۲۲، ۵۴۵، ۵۶۲، ۵۹۴
آمونیم سیانات ۳۰۰، ۳۰۱، ۳۲۴، ۳۳۷، ۵۶۳
آمونیم کلراید ۲۱۹
آمینواسیدها ۳۲۵، ۴۰۷، ۵۶۳، ۵۶۵، ۵۷۲، ۵۸۳، ۶۰۸
آنتی‌بیوتیک ۵۱۹، ۵۴۵
آنتیموان ۲۲، ۳۵۵، ۳۵۶
آنزیم‌ها ۳۱۶، ۴۰۶، ۴۰۷، ۴۰۸، ۵۴۴، ۵۶۳، ۵۷۳، ۵۹۰، ۶۰۷
آنیلین ۳۶۲، ۳۶۳
آنینگ، مری ۲۷۵
آهنربای طبیعی ۴۷، ۹۷
آووگادرو، آمادئو (۱۸۵۶-۱۷۷۶) ۲۷۷، ۲۷۸
آیری، جورج ۳۲۸
آینه ۵۸، ۱۰۸، ۱۲۳، ۱۸۶، ۲۳۷، ۲۵۰، ۳۳۰، ۳۴۰، ۴۱۱، ۴۱۳، ۴۴۶، ۵۲۳، ۶۱۲
آینه‌ی سنگ‌ها ۱۹

✓

اَبَررسانندگی ۴۶۱، ۴۶۲
اپتیک ۱۰۸، ۱۲۲، ۱۳۲، ۳۴۴
اتر ۷۸، ۱۲۳، ۲۷۲، ۳۵۰، ۴۱۱، ۴۱۲، ۴۳۱، ۴۵۳
اتم‌ها، یاخته‌ها و استخوان‌ها ۶، ۲۵۵
اثر ادیسون ۳۵۰، ۴۰۳
اثر پائولی ۵۰۹
اثر دوپلر ۳۲۳، ۳۲۴، ۵۲۴، ۶۰۹
اثر ژول- تامسون ۳۵۶، ۳۵۷
اثر کوریولیس ۱۵۲، ۳۱۰
اثر گلخانه‌ای ۲۹۷، ۴۱۷
اجورث، ریچارد (۱۸۱۷-۱۷۴۴) ۱۹۵
اچ آی وی (HIV) ۵۸۰، ۶۰۳، ۶۰۴
اختروش ۵۸۰، ۵۸۶، ۶۲۲
اختلاف منظر ستاره‌ای ۱۴۶، ۳۱۸
ادیسون، توماس (۱۹۳۱-۱۸۴۷) ۳۴۴، ۳۵۰، ۴۰۲، ۴۰۳، ۴۲۷، ۴۴۳
ادینگتون، آرتور (۱۹۴۴-۱۸۸۲) ۴۶۷، ۴۸۷، ۴۹۶، ۴۹۷، ۵۳۶، ۶۰۶
ارسطو (۳۲۲-۳۸۴ پیش از میلاد) در اکثر صفحات
اُرستد، هانس ۲۸۱، ۲۹۰، ۲۹۱، ۲۹۴، ۳۰۳، ۴۱۶
ارلیش، پاول (۱۹۱۵-۱۸۵۴) ۴۶۷، ۴۶۸، ۴۸۶
اروپا در اکثر صفحات
از خودگذشتگی ۴۷۵
اسپالانتسانی، لادزارو (۱۷۹۹-۱۷۲۹) ۱۶۷، ۱۹۸، ۱۹۹، ۳۷۵
اسپرم ۱۸۸، ۱۹۹، ۴۰۹، ۴۴۵، ۴۴۸، ۴۷۰
اسپرماتوزوئید ۸۲، ۱۱۰، ۱۸۷
اسپری، راجر ۵۷۳
استرونسیم ۲۶۸، ۳۰۲، ۵۱۲، ۵۴۰، ۶۳۱
استریکنین ۲۸۷، ۵۴۵
استوین، سیمون (۱۶۲۰-۱۵۴۸) ۴۶-۴۴
استینو، نیکولاس ۹۱، ۱۰۲، ۱۰۳، ۲۴۸
اسکاندیم ۳۹۵
اسکوربوت ۱۶۸، ۱۶۹، ۲۰۰، ۴۵۸
اسلایفر، وستو (۱۹۶۹-۱۸۷۵) ۴۷۸، ۴۷۹، ۵۰۶، ۵۸۱، ۶۲۳
اسمارک ۳۱۴، ۳۱۵
اسمیتون، جان (۱۷۹۲-۱۷۲۴) ۱۷۳
اسنل، ویلبرورت (۱۶۲۶-۱۵۸۰) ۶۵، ۶۶، ۶۷، ۳۴۰
اسنو، جان (۱۸۵۸-۱۸۱۳) ۳۳۲، ۳۵۴، ۳۶۱، ۳۶۲
اسوامردام، یان (۱۶۸۰-۱۶۳۷) ۹۱، ۱۰۵، ۱۰۶، ۱۹۸، ۳۷۵
اسوان، جوزف (۱۹۱۴-۱۸۲۸) ۳۴۴
اسیدها در اکثر صفحات
اشپرنگل، کریستین (۱۸۱۶-۱۷۵۰) ۱۸۹، ۱۹۰
اشتال، گئورک (۱۷۳۴-۱۶۶۰) ۱۳۸، ۱۴۰
اشتون، فرانسیس ۴۶۱، ۴۹۶
اشلایدن، ماتیاس (۱۸۸۱-۱۸۰۴) ۳۱۵، ۳۱۶، ۴۰۸
اشمیت، مارتن ۵۸۰، ۵۸۶، ۶۲۲
اشیای سقوطی ۴۶، ۴۷، ۵۴
اصل پاسکال ۸۴
اصل طرد پائولی ۵۰۹
اصل عدم قطعیت ۱۶۶، ۵۱۳، ۵۱۴، ۵۱۵
اصل عدم قطعیت هایزنبرگ ۵۱۳، ۵۱۴
اصل فرما ۶۷
اصل کمترین کنش ۱۶۵
اصل هم‌ارزی ۴۷
اصل هویگنس ۱۲۳
اصل یکنواختی ۲۱۹، ۲۵۶، ۳۰۲، ۳۰۸
اصول ریاضی فلسفه‌ی طبیعی ۱۰۰، ۱۱۷

اصول زمین‌شناسی ۲۷۴
اعداد اول ۶۸
افیون ۲۸۷، ۵۹۶
اقلیم و زمان در رابطه‌ی زمین‌شناختی آن‌ها ۴۹۴
اقیانوس‌نگاری ۵۵۹
اکسیژن در اکثر صفحات
اگریکولا ۳۰
الغول ۵۳، ۱۴۱
القای الکترومغناطیسی ۳۰۴، ۳۰۵، ۳۲۶، ۴۳۵
الکالوئیدها ۲۸۷، ۲۸۸
الکترودینامیک اجسام متحرک ۴۵۵
الکتروشیمی ۲۵۸، ۲۶۷، ۳۰۹
الکترولیز ۲۵۱، ۲۶۷، ۲۶۸
الکترومغناطیس و نور ۳۲۶
الکترونیک ۳۰۶، ۳۱۰، ۳۵۰، ۳۵۹، ۴۴۴، ۵۵۱
الکتریسیته‌ی جانوری ۲۳۳، ۲۴۴
الکل ۲۲، ۱۲۸، ۳۶۳، ۳۶۵، ۳۶۶
الهیات طبیعی ۳۰۸
امواج رادیویی در اکثر صفحات
امواج صوتی ۳۲۳، ۴۷۸
امواج گرانشی ۵۸۷، ۵۹۱، ۵۹۲
انتخاب طبیعی در اکثر صفحات
انتروپی ۳۴۱، ۳۴۲، ۳۵۰، ۳۶۰، ۳۸۰، ۳۸۱، ۴۰۰، ۴۰۱
انتقال به سرخ ۲۸۵، ۳۲۴، ۴۷۸، ۴۷۹، ۵۲۴، ۵۸۰، ۵۸۱
انتقال خون ۴۶۳
انجمن بریتانیایی پیشرفت علم ۳۰۸، ۴۹۹
انجمن سلطنتی در اکثر صفحات
انجمن قمری ۱۹۴، ۲۱۸، ۲۲۹، ۲۴۱، ۲۷۹، ۳۱۲
انجمن هواشناسی مانهایم ۲۲۴
اندازه‌گیری‌ها ۱۳۹، ۱۴۵، ۲۲۳، ۲۴۵، ۳۲۹، ۴۵۴، ۴۹۹، ۵۷۰، ۵۸۷، ۶۰۹
اندام آدمی ۴۲۰
اندرسون، کونت ۴۱۸
اندیشه‌ها ۸۳، ۱۶۵
انرژی تاریک ۶۱۱، ۶۲۵
انسان اندیشه‌ورز ۱۸۱، ۳۶۴، ۵۷۸، ۶۰۵
انسان پیلتداون ۴۷۷
انسان دست‌ورزیده ۵۷۷، ۵۷۸، ۵۹۳
انسان کرومانیون ۳۶۴، ۴۷۸، ۵۷۷
انسان نئاندرتال ۳۶۳، ۳۶۴، ۴۷۸، ۵۷۷
انستیتو پاستور ۴۰۲، ۴۱۱، ۶۰۳
انسولین ۴۴۳، ۵۰۲، ۵۰۳، ۵۶۷، ۵۶۸، ۵۹۰
انقراض ۲۷۵، ۲۷۹، ۳۶۴، ۳۷۲، ۳۷۳، ۵۰۰، ۵۹۹
انکه، یوهان (۱۸۶۵-۱۷۹۱) ۲۹۲
انواع خون ۴۶۳، ۴۶۳-۶۴۰
اوتو هان ۵۳۸
اوتیس، الیشا (۱۸۶۱-۱۸۱۱) ۳۴۵
اورانوس ۱۰۴، ۱۴۱، ۱۷۰، ۲۲۲، ۲۳۷، ۲۳۸، ۲۴۹، ۲۵۹، ۲۶۰، ۳۰۶، ۳۲۷، ۳۲۸، ۳۳۸، ۶۱۶
اورانیم در اکثر صفحات
اورتلیوس، آبراهام ۳۹
اورت، یان (۱۹۷۱-۱۸۹۹) ۵۴۷، ۵۴۸
اورستد، هانس (۱۸۵۱-۱۷۷۷) ۲۹۰
اوره ۱۴۰، ۳۰۰، ۳۰۱، ۳۳۷، ۵۶۳
اونس، کامرلینگ ۴۶۱، ۴۶۲
اهم، گئورگ ۲۹۵
ایریدیم ۵۹۹
ایزوتوپ‌ها ۴۶۱، ۴۹۷، ۴۹۸، ۵۴۰
ایستمن، جورج (۱۹۳۲-۱۸۵۴) ۳۴۴
اینشتین، آلبرت (۱۹۵۵-۱۸۷۹) در اکثر صفحات
اینگنهوس، یان (۱۷۹۹-۱۷۳۰) ۲۲۰
ایوری، آزولد (۱۹۵۵-۱۸۷۷) ۵۴۶، ۵۱۷، ۵۱۸
ائوستاشیو، بارتلمی ۳۸

ب

بئیرینک، مارتیوس ۳۱۷، ۴۲۴، ۴۲۵، ۶۰۲
باتری الکتریکی ۲۴۴، ۲۹۶
باردین ۵۶۷
بارهای الکتریکی ۱۷۸، ۲۲۷، ۲۳۱، ۲۳۲، ۲۴۵، ۲۹۴، ۳۳۵، ۳۹۳، ۳۹۴، ۴۲۱، ۵۳۲، ۵۹۱، ۶۱۹
بارورسازی ۱۱۰، ۴۰۹
باریم ۲۳۶، ۲۶۸، ۳۰۲، ۵۳۸
بازالت ۲۱۱، ۳۰۳
باکتری ۱۱۰، ۱۹۹، ۳۹۵، ۳۹۶، ۴۰۴، ۴۱۰، ۴۲۵، ۴۶۸، ۵۴۲، ۵۴۳، ۵۹۰، ۶۰۸
باکتری‌خوارها ۵۴۲، ۵۴۳، ۵۴۷
بالون هوای داغ ۱۷۴
بانتینگ، فردریک ۵۰۲، ۵۶۸
باندی، هرمان (-۱۹۱۹) ۵۴۹
بته، هانس ۵۳۶
براهه، تیکو (۱۶۰۱-۱۵۴۶) ۳۸، ۴۰، ۴۱، ۵۲، ۵۹، ۵۰۶
براون، رابرت (۱۸۵۸-۱۷۷۸) ۲۹۸، ۳۱۵، ۳۸۸
براون، فردیناند (۱۹۱۸-۱۸۵۰) ۴۱۸، ۴۱۹
برتوله، کلود ۲۰۹، ۲۳۴، ۲۶۵، ۲۷۰، ۲۸۳، ۴۰۷
برتولیه، مارسلَن ۳۲۴، ۳۲۵
بَرسلیوس، یونس (۱۸۴۸-۱۷۷۹) ۲۸۲، ۳۳۶، ۴۰۵، ۵۲۰
برکلی، جورج (۱۷۵۳-۱۶۸۵) ۳۹۹، ۵۶۱
برَگ/ براگ، ویلیام ۴۸۵
برگ، پل ۵۹۱
برگه‌ی هوا ۱۵۵
برنار، کلود (۱۸۷۸-۱۸۱۳) ۳۵۲، ۳۵۴
برنولی، دانیل (۱۷۸۲-۱۷۰۰) ۱۵۴، ۱۵۵، ۱۵۶، ۱۹۶، ۳۸۲
بروستر، دیوید (۱۸۶۸-۱۷۸۱) ۲۷۲
برینگ، امیل (۱۹۱۷-۱۸۵۴) ۲۰۰، ۴۱۴، ۴۱۵
بِست، چارلز (۱۹۷۸-۱۸۹۹) ۵۰۲
بسل، فردریش (۱۸۴۶-۱۷۸۴) ۳۱۷، ۳۱۸
بشر، یان یاکوب (۱۶۸۲-۱۶۲۵) ۱۳۸، ۱۳۸-۶۴۰
بطری لید ۱۶۲، ۱۶۳، ۱۶۴، ۲۳۳
بطلمیوس ۹، ۲۷، ۲۸، ۴۱، ۵۹، ۷۱، ۱۳۸، ۱۴۸
بقای اصلح ۱۶۵، ۴۴۴
بکرل، هنری (آنری) (۱۹۰۸-۱۸۵۲) ۳۷۴، ۴۲۰، ۴۲۱، ۴۲۳، ۴۲۸، ۴۲۹، ۴۵۱، ۴۷۶
بلاک، ژوزف ۸، ۱۴۵
بل، چارلز (۱۸۴۲-۱۷۷۴) ۲۷۶
بل، ژوسلین ۵۸۶
بلک، جوزف (۱۷۹۹-۱۷۲۸) ۱۶۰، ۱۸۲، ۱۸۳، ۱۹۱، ۱۹۲، ۲۰۴، ۲۰۹، ۲۱۹، ۲۳۰
بلورها ۱۱۰، ۲۱۱، ۲۲۷، ۲۲۸، ۳۰۰، ۳۱۷، ۳۳۰، ۳۳۱، ۴۸۵، ۴۸۶، ۵۰۷، ۵۰۸
بمب اتمی ۴۳۹، ۴۹۸، ۵۱۵، ۵۲۸، ۵۳۹، ۵۴۰، ۵۵۲، ۵۶۹
بنزن ۲۸۱، ۳۲۴، ۳۶۹، ۳۷۰
بنکس، جوزف (۱۸۲۰-۱۷۴۳) ۲۱۷، ۲۱۸، ۲۴۱، ۲۴۸، ۲۴۹
بهداشت ۳۴۴، ۳۶۱، ۳۶۲، ۴۶۸، ۵۵۲، ۵۵۶
بهداشت همگانی ۳۴۴، ۳۶۱، ۳۶۲، ۴۶۸
بوئن، گاسپر (۱۶۲۴-۱۵۶۰) ۱۴۷
بوده، یوهان (۱۸۲۶-۱۷۴۷) ۲۵۹
بورن، ماکس (۱۹۷۰-۱۸۸۲) ۴۷۳، ۵۱۶
بور، نیلس/ نیلز (۱۹۶۲-۱۸۸۵) ۲۸۵، ۳۵۶، ۴۷۲، ۴۷۳، ۴۸۴، ۵۰۷، ۵۰۸،

۵۱۰، ۵۱۱، ۵۱۵، ۵۱۶، ۵۲۱
بورهاوه، هرمان (۱۷۳۸-۱۶۶۸) ۱۳۹، ۳۰۰
بوفور، فرانسیس ۲۶۶
بوفون، کنتدو (۱۸۸۸-۱۷۰۷) ۱۶۹، ۱۷۰، ۲۸۶، ۳۹۱
بولتسمان/ بولتزمن، لودویگ (-۱۸۴۴ ۱۹۰۶) ۳۳۹، ۳۴۲، ۳۸۳، ۴۰۰
بولتون، متیو (۱۸۰۹-۱۷۲۸) ۱۷۲، ۱۹۵
بومباستوس، تئوفراستوس ۲۳
بووری، تئودور (۱۹۱۵-۱۸۶۲) ۴۴۸، ۴۴۹، ۶۰۶
بویر، هربرت ۵۸۹، ۵۹۰
بویل، رابرت (۱۶۹۱-۱۶۲۷) در اکثر صفحات
بیئرکنس، ویلهلم (۱۹۵۱-۱۸۶۲) ۵۰۳، ۵۰۵، ۶۲۶
بیکن، راجر (۱۲۹۲-۱۲۲۰) ۱۱، ۱۲، ۷۲
بیکن، فرانسیس (۱۶۲۶-۱۵۶۱) ۵۲، ۶۷، ۶۹، ۷۰، ۹۵، ۱۲۱، ۴۷۹
بیگانه‌خواری ۴۰۴
بیگل ۳۰۲، ۳۱۲، ۳۱۳، ۳۶۷، ۳۷۰، ۳۸۴
بیل، جورج ۵۴۳
بیماری‌های واگیردار ۲۹، ۳۶۱، ۳۶۲
بی‌مهرگان ۲۸۶، ۵۰۱
بی‌نظمی ۳۴۱، ۳۶۰، ۳۸۰، ۳۸۱، ۴۰۰
✓
پائولی، ولفگانگ (۱۹۵۸-۱۹۰۰) ۵۰۸، ۵۰۹، ۵۱۲، ۵۲۵، ۵۲۶
پات، پرسیوال (۱۷۸۸-۱۷۱۴) ۲۱۲، ۲۷۷
پادماده ۴۴۲، ۶۴۰-۴۴۲، ۴۸۳، ۵۲۲، ۵۲۳، ۶۱۸
پاراسلسوس ۱۹، ۲۲، ۲۳، ۷۶، ۱۶۴
پاستور، لویی (۱۸۹۵-۱۸۲۲) در اکثر صفحات
پاستوریزه کردن ۳۶۶
پاسکال، بلز (۱۶۶۲-۱۶۲۳) ۴۴، ۶۷، ۸۳، ۸۶، ۱۵۴
پالاس ۲۶۰، ۲۷۶، ۳۴۸
پانجه‌آ ۴۸۰، ۵۰۰، ۶۱۳
پاولف، ایوان (۱۹۳۶-۱۸۴۹) ۴۴۹، ۴۵۰
پایستگی انرژی ۴۵۹
پتاس ۲۳۶، ۲۳۸
پتاسیم ۱۱۱، ۲۳۶، ۲۶۸، ۳۰۱، ۳۰۹، ۳۶۳، ۳۷۶، ۳۷۷، ۵۱۲، ۵۳۶
پراوت، ادوارد ۴۹۷
پرتوهای ایکس در اکثر صفحات
پرتوهای گاما ۲۵۰، ۳۹۳، ۴۲۹، ۴۳۳، ۴۳۴، ۴۵۷، ۶۲۳
پرکین، ویلیام (۱۹۰۷-۱۸۳۸) ۳۶۳، ۳۸۸، ۴۶۷، ۴۶۸
پروبیوتیک ۴۰۵
پروتئین‌ها در اکثر صفحات
پروتون‌ها ۴۹۴، ۴۹۸، ۵۲۸، ۵۳۲، ۵۳۶، ۵۳۷، ۵۶۱، ۵۶۲، ۵۷۰، ۵۷۵، ۶۱۸، ۶۱۹، ۶۲۰
پروزینر، استنلی ۶۰۲، ۶۰۳
پروژه‌ی ژنوم انسان ۵۵۹، ۵۶۸، ۶۲۶
پروست، ژوزف (۱۸۲۶-۱۷۵۴) ۲۶۴، ۲۶۹، ۲۷۰
پریستلی، جوزف (۱۸۰۴-۱۷۳۳) ۲۰۲، ۲۰۳، ۲۰۹، ۲۱۰، ۲۱۳، ۲۱۴، ۲۱۶، ۲۲۰
پرین، ژان (۱۹۴۲-۱۸۷۰) ۴۱۷
پرینسیپیا / پرینکیپیا ۷۷، ۸۳، ۱۰۰، ۱۱۲، ۱۱۶، ۱۱۷، ۱۲۲، ۱۳۶، ۱۵۳
پریون‌ها ۶۰۲، ۶۰۳
پشه‌ی میوه ۴۶۹، ۶۰۸
پلانک، ماکس (۱۹۴۷-۱۸۵۸) ۳۸۴، ۴۳۱، ۴۳۳، ۴۳۴، ۴۵۶، ۴۷۴، ۵۰۷، ۵۱۴، ۵۱۵
پلتیه، پی‌یر (۱۸۴۲-۱۷۸۸) ۲۸۷
پلنزیس، مارکوس ۱۹۲، ۱۹۳
پلوتونیسم ۲۱۵
پلوتونیم ۴۲۴، ۵۴۰
پلوکر، ژولیوس (۱۸۶۸-۱۸۰۱) ۳۵۹
پلی‌فئر، جان (۱۸۱۹-۱۷۴۸) ۲۱۹
پنج قلمرو حیات ۵۸۵
پنزیاس، آرنو ۵۸۱، ۵۸۲، ۶۰۱، ۶۰۹
پنی‌سیلین ۴۳۹، ۴۴۳، ۵۱۸، ۵۱۹، ۵۴۵، ۵۵۲
پوزیترون ۴۸۲، ۴۸۳، ۵۲۳، ۵۲۹، ۵۳۳، ۶۱۸
پولیپ ۱۶۱، ۱۶۲، ۲۱۲
پولینگ، لینوس/لاینس (۱۹۴۴-۱۹۰۱) ۴۸۷، ۵۱۲، ۵۱۹، ۵۲۰، ۵۶۴، ۵۶۷، ۶۰۷
پونز، استنلی ۶۰۶
پیاتسا، جوزپه ۲۵۹، ۳۹۷، ۵۴۷
پیام‌آور ستارگان ۶۱
پیش‌بینی هوا ۲۲۴، ۳۰۵، ۵۰۵
پیل گالوانی ۲۳۴
پیل ولتایی ۲۴۵، ۲۶۷
پیوند شیمیایی ۵۲۲
✓
تأملاتی درباره‌ی قدرت محرکه‌ی آتش ۲۹۳
تابش الکترومغناطیسی ۳۹۲، ۳۹۴، ۴۲۹، ۴۳۳، ۵۸۸
تابش فروسرخ ۲۵۰، ۴۵۶
تابش کیهانی ۴۴۳، ۴۷۶، ۴۸۳، ۵۳۳، ۵۶۹، ۵۷۰، ۶۰۹
تاتوم، ادوارد ۵۴۳
تارتاریک اسید ۳۳۰
تارتاگلیا، نیکولو (۱۵۵۷-۱۴۹۹) ۲۳، ۲۴
تاریخچه‌ی حیوانات ۲۴
تاریخچه‌ی گیاهان ۲۵
تاریخ طبیعی حشرات ۱۰۵
تامسون، بنیامین ۱۹۶، ۲۴۶، ۲۴۷، ۳۰۴
تامسون، جورج (۱۹۱۵-۱۸۹۲) ۵۰۸
تامسون، جی‌جی (۱۹۴۰-۱۸۵۶) ۳۹۱، ۴۱۷، ۴۲۲، ۴۲۳، ۴۲۷، ۴۲۸، ۴۳۰، ۴۶۰، ۴۷۲، ۴۷۳، ۴۹۶، ۴۹۷، ۵۰۸، ۵۲۸
تامسون، جیمز ۶۲۱
تامسون، ویلیام (لرد کلوین) (-۱۸۲۴ ۱۹۰۷) ۳۳۸، ۳۵۶، ۴۳۰، ۴۶۱
تاون، پارسونز ۳۳۲، ۳۳۳
تب زایمان ۳۳۱، ۳۳۲
تجربه‌گرایی ۱۲۱
تخمیر ۲۵۵، ۳۲۴، ۳۶۵، ۳۶۶، ۳۷۵، ۳۷۶، ۴۰۴، ۵۴۳
ترازهای انرژی ۵۱۱، ۵۱۲، ۵۲۵
ترازوی پیچشی ۲۲۷، ۲۳۱، ۲۴۵
ترامبله، آبراهام ۱۶۱، ۱۶۲
ترکیب‌های شیمیایی ۲۱۰، ۲۶۴، ۳۴۱، ۴۶۷، ۵۲۰، ۵۹۸
تریاک ۲۲، ۲۸۷، ۵۹۶، ۵۹۷
تریتون ۳۲۸، ۶۱۶
تسویکی، فرانتس ۵۲۶، ۵۳۰، ۵۳۱، ۵۳۲
تشکیل سنگ‌ها ۲۱۵
تعادل انرژی ۳۸۴
تسوایک، گئورگه ۵۷۶-۵۷۴، ۵۹۱، ۶۱۱
تعرق ۱۵۰
تغییر اقلیم ۴۱۸، ۵۹۹، ۶۰۰
تفتیش عقاید ۲۶، ۵۲، ۷۰، ۷۱، ۷۴، ۷۶، ۳۵۰
تقسیم یاخته‌ها ۳۱۷
تقویم گریگوری ۳۲
تکثیر ۱۰۹، ۱۸۹، ۱۹۳، ۳۱۶، ۴۰۸، ۴۴۸، ۴۷۷، ۵۴۲، ۵۵۵، ۵۶۵، ۵۷۱، ۵۷۳، ۶۰۲، ۶۰۴
تلسکوپ رادیویی ۵۲۷، ۵۸۶
تلسکوپ فضایی هابل ۲۰۶، ۵۰۵، ۵۵۹، ۶۱۷
تلسکوپ‌ها ۵۷، ۵۸، ۸۳، ۸۵، ۱۰۸، ۱۸۶، ۲۳۷، ۳۰۶، ۳۱۸، ۳۲۱، ۳۹۷،

۵۴۷، ۶۱۱، ۶۲۳
تلقیح مصنوعی ۱۹۹
تلمبه‌ی ونتوری ۱۵۵، ۱۵۶
تلویزیون ۲۵۱، ۳۵۹، ۴۱۸، ۴۱۹، ۵۵۱
تنظیم عناصر ۳۰۱
تنگستن ۲۱۶، ۳۰۱
تنیزه ۹۰
توارث ۳۸۵، ۵۵۸
تورم کیهانی ۶۰۲
توریچلی، اوانجلیستا (۱۶۰۸-۱۶۴۷) ۵۲، ۶۷، ۷۱، ۷۴، ۷۵، ۸۴، ۸۶، ۸۸، ۱۱۲
تولید مثل ۱۰۵، ۱۰۹، ۱۱۵، ۱۶۵، ۱۸۹، ۱۹۰، ۱۹۹، ۳۱۷، ۳۷۵، ۴۰۸، ۴۰۹، ۵۸۴
تیامین ۴۵۷، ۴۵۸
تیتان ۸۵، ۶۱۶
تیتوس، یوهان (۱۷۵۶-۱۷۹۶) ۲۵۹
تیفوس ۳۰، ۳۶۱، ۳۸۸
تیندال، جان (۱۸۲۰-۱۹۸۳) ۱۷، ۲۹۷، ۴۱۸

✓

ثابت آووگادرو ۲۷۸
ثابت بولتسمان ۳۸۳
ثابت پلانک ۴۳۳، ۴۷۴، ۵۱۴
ثابت هابل ۵۲۴، ۵۲۵، ۵۸۱، ۶۱۱

✓

جانورشناسی ۲۴، ۲۷۴، ۲۸۶، ۴۰۳
جدول تناوبی عناصر ۳۴۹، ۳۸۵، ۳۹۴، ۴۷۴، ۵۰۷، ۵۱۰، ۵۱۱، ۵۱۲، ۵۱۶
جدول زمانی طول عمرها ۵۰۰، ۵۰۱
جراحی ۱۲، ۲۲، ۳۸، ۲۱۲، ۲۷۶، ۳۱۲، ۳۳۲، ۳۴۳، ۳۶۲، ۴۲۰، ۴۴۹، ۵۷۳
جرم گرانشی ۴۷
جریان الکتریسیته ۶۰۶
جفرسون، توماس (۱۷۴۳-۱۸۲۶) ۱۹۵، ۲۷۹
جِنر، ادوارد (۱۷۴۹-۱۸۲۳) ۲۱۲، ۲۴۱، ۲۴۲، ۴۱۰
جنین ۹۲، ۱۶۷، ۱۸۷، ۳۱۵، ۳۵۲، ۵۹۴، ۶۲۱
جانسون، دونالد ۵۹۲

✓

چادویک/ چدویک، جیمز (۱۸۹۱-۱۹۷۴) ۵۲۸
چارگاف، ادوین ۵۴۶، ۵۶۳
چرخش فاراده ۳۲۷
چزالپینو، آندرئاس (۱۵۱۹-۱۶۰۳) ۱۴۷
چگالی ۴۵، ۲۱۸، ۴۸۹، ۵۴۸، ۵۶۸، ۵۸۷، ۶۰۰، ۶۰۷، ۶۱۰
چیس، مارتا ۵۴۶، ۵۴۶-۶۴۰
چین، ارنست (۱۹۰۶-۱۹۷۹) ۵۱۹
چینه‌شناسی ۱۰۳

✓

حالت پایه اتم ۵۰۹
حد روش ۳۳۸
حد کشسانی ۱۱۴، ۱۱۵
حرکت ستارگان ۱۲۷
حسابان ۷۷، ۱۰۱، ۱۳۶
حشره‌شناسی ۱۰۵
حوّای میتوکندریایی ۶۰۵، ۶۰۶
حیات‌گرایی ۳۰۱، ۳۲۴، ۳۲۶، ۳۶۶

✓

خازن ۱۶۲، ۱۶۳
خاصیت مغناطیسی زمین ۴۴
خاکستر قلیا ۲۳۸
خواب ۲۸۷، ۳۷۰، ۴۰۲، ۴۱۴، ۴۷۱، ۵۵۱، ۵۶۰، ۵۶۱، ۵۷۵
خویشاوندی ۱۸۰، ۵۷۹

✓

دا وینچی، لئوناردو (۱۴۵۲-۱۵۱۹) ۱۱، ۱۹، ۲۰، ۲۵، ۲۹، ۲۴۸، ۴۰۰، ۶۱۴، ۶۲۵
دارت، ریموند ۵۷۷
داروی بیهوشی ۲۵۸، ۳۴۳
داروین، اراسموس (۱۷۳۱-۱۸۰۲) ۲۴۰، ۳۱۲، ۳۸۴
داروین، چارلز (۱۸۰۹-۱۸۸۲) در اکثر صفحات
دالتون، جان (۱۷۶۶-۱۸۴۴) ۱۹۶، ۲۵۶، ۲۶۵، ۲۶۸، ۲۷۷، ۲۸۲، ۳۳۴، ۳۳۶، ۴۹۲
دایناسور ۱۸۹، ۲۰۲، ۳۷۳
درباره‌ی آهنربا ۴۷
درباره‌ی حرکت قلب و خون ۶۴
دِربِل، کورنلیوس ۵۹
درخشندگی ستارگان ۴۷۴
دِ رِ متالیکا (کتاب) ۳۰، ۳۳
درون همزیستی ۵۸۶
دریانوردی ۱۳۰، ۱۹۹، ۲۰۰، ۲۶۶
دریچه‌های قلب ۲۱
دستگاه عصبی ۹۲، ۱۶۷، ۲۷۶، ۲۷۷، ۵۹۶، ۶۲۱
دستگاه گوارش ۲۶، ۱۶۷، ۲۲۹
دکارت، رنه (۱۵۹۶-۱۶۵۰) ۵۲، ۵۵، ۵۷، ۶۵، ۶۷، ۷۱، ۷۲، ۷۷، ۷۸، ۸۵، ۱۲۲، ۱۲۳، ۲۸۱، ۴۱۱
دلبروک، ماکس (۱۹۰۶-۱۹۸۱) ۵۴۲
دلوک، ژان (۱۷۲۷-۱۸۱۷) ۲۱۸، ۲۱۹، ۲۲۰، ۲۸۰
دماره، نیکولا (۱۶۴۸-۱۷۲۱) ۲۱۱
دماسنج‌ها ۱۶۰، ۱۹۱، ۲۶۶
دنباله‌دار انکه ۲۹۲
دنباله‌دارها ۱۳۳، ۱۷۱، ۲۴۳، ۳۳۸، ۴۹۶، ۵۴۷، ۵۴۸، ۵۹۹
دنباله‌دار هالی ۱۱، ۲۹۲، ۳۰۷، ۵۴۸، ۶۱۶
دندان ۲۰، ۱۴۸، ۲۰۱، ۲۱۲، ۲۷۶، ۴۷۸
دوبراینر، یوهان (۱۷۸۰-۱۸۴۹) ۳۰۱، ۳۰۲، ۳۷۶، ۳۷۷، ۳۸۶
دوبروی، لویی/ دوبروگلی (۱۸۹۲-۱۹۸۷) ۴۵۷، ۵۰۷، ۵۰۸، ۵۱۵
دوپلر/داپلر، کریستیان ۳۲۳، ۴۷۸، ۶۱۷
دوران‌های یخبندان ۲۵۶، ۴۹۴، ۴۹۵
دورگه‌ها ۱۸۰، ۱۸۹
دوریس، هوگو ۴۴۴، ۴۴۵، ۶۰۵
دو علم جدید ۷۲
دوفه، شارل (۱۶۹۸-۱۷۳۹) ۱۵۰، ۱۵۱
دولند، جان ۱۸۵، ۱۸۶، ۲۳۷
دیراک، پل (۱۹۰۲-۱۹۸۴) ۴۶۰، ۴۸۲، ۵۱۶، ۵۲۲، ۵۲۳، ۵۲۹، ۵۳۳، ۵۶۲، ۶۱۸
دیرین‌شناسی ۲۷۵، ۲۷۹
دیفتری ۳۹۶، ۴۱۴
دیگز، توماس (؟ - ۱۵۹۵) ۴۱
دیوانگان بیرمنگام ۱۹۴
دیوکسی ریبوز نوکلئیک اسید ۵۱۸، ۵۴۶
دی، ویلیام ۳۳
دیوی، همفری (۱۷۷۸-۱۸۲۹) ۲۴۷، ۲۵۱، ۲۵۷، ۲۵۹، ۲۶۷، ۲۸۰، ۳۰۱، ۳۰۹، ۳۳۷، ۳۴۴، ۳۵۵، ۴۰۵
دی ان ای (DNA) در اکثر صفحات

✓

ذرات آلفا ۴۲۷، ۴۲۹، ۴۳۰، ۴۶۴، ۴۶۵، ۴۹۳، ۵۲۸، ۵۶۱
ذرات بتا ۴۲۸، ۴۲۹، ۴۹۸، ۵۲۵
ذرات ماده ۶۲۰
ذرات نور ۴۵۵، ۵۱۵
ذرات هیگز ۶۱۹، ۶۲۰

✓

رئومور، رنه (۱۶۸۳-۱۷۵۷) ۱۵۹
رادرفورد، ارنست (۱۸۷۱-۱۹۳۷) ۳۹۱، ۴۱۸، ۴۲۲، ۴۲۸، ۴۵۱، ۴۵۸، ۴۶۴، ۴۷۲، ۴۹۲، ۴۹۳، ۴۹۶، ۴۹۷، ۴۹۹، ۵۰۹، ۵۲۰، ۵۲۸، ۵۶۱
رادرفورد، دانیل ۲۰۴، ۲۱۳، ۲۱۶، ۲۳۰
رادون ۳۸۶، ۴۲۶، ۴۳۰، ۴۵۱، ۴۵۲، ۴۷۰

رادیم ۳۴۹، ۳۷۴، ۴۲۳، ۴۲۴، ۴۲۷، ۴۲۸، ۴۳۰، ۴۵۱، ۴۵۲، ۴۷۰، ۴۷۱، ۴۷۲، ۴۹۹
رادیو ۳۹۱، ۴۱۳، ۴۱۸، ۴۱۹، ۴۳۰، ۴۳۹، ۵۵۱
راز و رمز حیات ۵۷۱
راس، ارل ۳۳۲
راس، جیمز ۳۱۸، ۳۱۹
راس، رونالد ۴۰۱، ۴۰۲
راسل، هنری (۱۸۷۷-۱۹۵۷) ۴۶۶، ۴۶۷
رامفورد، کنت (۱۷۵۳-۱۸۱۴) ۲۴۶، ۲۴۷، ۲۷۳، ۲۸۹، ۲۹۴
رانه‌ی قاره‌ای ۷۰، ۴۴۳، ۴۸۰، ۴۹۵، ۵۶۵، ۶۰۷، ۶۱۱، ۶۱۲
راولند، شروود ۵۹۴، ۵۹۵
راه شیری ۶۲، ۱۷۰، ۴۹۰، ۴۹۱، ۴۹۲، ۵۰۶، ۵۲۴، ۵۲۷، ۵۸۱، ۵۸۲
رایت، توماس (۱۸۱۰-۱۸۷۷) ۱۷۰
رایل، مارتین (۱۹۱۸-۱۹۸۴) ۵۴۹، ۵۸۰
رتیکوس، گئورگ (۱۵۱۴-۱۵۷۶) ۲۸
رده‌بندی ستارگان ۴۶۶
رده‌بندی شیمیایی ماده ۹۴
رده‌بندی کانی‌ها ۱۸۵
رده‌بندی گیاهان ۹۰، ۱۴۷، ۱۸۰
رده‌بندی‌موجودات‌زنده ۱۸۰، ۱۸۱، ۵۸۶
ردی، فرانچسکو (۱۶۲۶-۱۶۹۷) ۱۹۸
رساله‌های بریجواتر ۳۰۹
رساله‌ی مقدماتی در باب شیمی ۲۳۵
رصدخانه‌های ملی ۸۳، ۱۵۷
رصدخانه‌ی سلطنتی ۴۰، ۱۰۴، ۳۲۸
رطوبت‌سنج ۲۶۶
رفتار اجتماعی ۵۷۹
رفتار گازها ۲۶۸، ۳۸۲
رگبارهای پرتو گاما ۶۲۲
رگبارهای شهابی ۵۴۸
رمز ژنتیکی ۵۵۸، ۵۶۳، ۵۶۴، ۵۸۳، ۵۸۴، ۶۰۷، ۶۱۴
رمزی، ویلیام ۳۹۵، ۴۱۵، ۴۲۵
رن، کریستوفر (۱۶۳۲-۱۷۲۳) ۸۱، ۸۳، ۹۶، ۱۰۱، ۱۰۲، ۱۰۴، ۱۱۸
رنگ‌ها ۱۰۷، ۱۰۸، ۲۵۰، ۲۶۴، ۲۸۴، ۲۸۵، ۳۸۱، ۴۰۰، ۴۲۶، ۴۶۷، ۵۴۱
رنگ‌های نور ۴۷۴
روش، ادوئار ۳۳۸
رولاند، شروود ۵۹۴، ۵۹۵
رومر، اوله ۷۳، ۱۰۴، ۱۱۳، ۳۴۰
رونتگن، ویلهلم (۱۸۴۵-۱۹۲۳) ۳۹۳، ۴۱۹، ۴۲۰، ۴۲۲
رویان ۴۴۵
ریتر، یوهان (۱۷۷۶-۱۸۱۰) ۲۶۳، ۳۲۱، ۳۹۳، ۴۱۶
ریلی، لرد ۳۹۱، ۳۹۵، ۴۱۵، ۴۲۲، ۴۲۵
ری، جان (۱۶۲۷-۱۷۰۵) ۸۳، ۹۰، ۹۶، ۱۴۸
ریشتر، چارلز (۱۹۰۰-۱۹۸۵) ۵۲۹
ریشه، ژان (۱۶۳۰-۱۶۹۶) ۱۰۶

✓

زبان بومی ۱۸۵
زبان جدیدی برای علم شیمی ۲۳۴، ۲۸۳
زبان شیمی ۲۰۸، ۲۸۲
زبان علمی ۱۸۵، ۳۵۱
زمان‌سنج ۳۹، ۱۹۱، ۱۹۴، ۲۰۰
زمل‌وایس، ایگناتس ۲۰۹، ۳۳۱، ۳۳۲
زمین‌ساخت صفحه‌ای ۶۱۱، ۶۱۲، ۶۱۳، ۶۱۴، ۶۲۶
زمین‌شناسی ۱۲، ۱۹، ۲۱، ۲۶، ۳۰، ۱۰۳، ۲۱۵، ۲۱۸، ۲۲۱، ۲۲۶، ۲۴۸، ۲۴۹، ۲۵۵، ۲۷۴، ۳۰۲، ۳۰۳، ۳۰۸، ۳۷۲، ۴۸۰
زمین‌لرزه‌ها ۳۰، ۱۸۴، ۲۱۹، ۲۲۷، ۴۴۳، ۵۳۰، ۶۱۲، ۶۱۳، ۶۲۶
زهره در اکثر صفحات
زیست‌شناسی اجتماعی ۵۷۹
زیست‌شناسی در اکثر صفحات
زیست‌فناوری ۵۴۳، ۵۵۳، ۵۵۸، ۵۸۹

✓

ژاکوب، فرانسوا (۱۷۷۰-۱۸۴۱) ۵۷۱
ژانسن، ژول ۳۸۱، ۳۸۲، ۴۲۶
ژرمانیم ۳۸۷، ۳۹۵
ژنتیک در اکثر صفحات
ژنوم ۵۵۹، ۵۶۸، ۶۰۷، ۶۰۸، ۶۰۹، ۶۲۶
ژول، جیمز (۱۸۱۸-۱۸۸۹) ۳۳۴، ۳۳۶، ۳۵۶، ۳۸۰، ۴۶۱

✓

ساتون/ ساتن، والتر ۴۴۸
ساختار مغز ۲۶
ساختمان بدن آدمی ۲۵
سادی، فردریک (۱۸۷۷-۱۹۵۶) ۴۵۱، ۴۶۱، ۴۹۹
ساوری، توماس (۱۶۵۰-۱۷۱۵) ۷۹
ستارگان نوترونی ۵۳۲، ۵۸۷
سحابی ۶۲، ۸۵، ۱۷۱، ۲۴۳، ۳۲۲، ۳۳۳، ۳۷۴، ۴۷۹، ۴۹۶، ۵۰۶، ۵۳۱
سختی کانی‌ها ۲۹۰
سر تورنر، فردریش ۲۸۷
سِرِس ۲۵۹، ۲۶۰
سرعت باد ۳۲۴
سرعت صوت ۶۷، ۳۹۸، ۳۹۹، ۴۷۸
سرعت نور در اکثر صفحات
سطح کره‌ی زمین ۱۵۲، ۱۵۴، ۱۵۷، ۲۱۸، ۳۴۰
سطح هلالی ۱۳۵، ۱۳۶
سفر دریایی بیگل ۳۱۳
سفیدچاله‌ها ۴۸۹، ۴۹۰
سفینه‌ی فضایی ۵۴۲، ۵۴۸، ۵۷۰، ۶۱۵
سلسیوس ۱۲۹، ۱۳۱، ۱۵۹، ۱۶۰، ۱۶۱، ۲۲۶، ۳۳۸، ۶۳۱، ۶۳۹
سلسیوس، آندرس (۱۷۰۱-۱۷۴۴) ۱۳۱، ۱۵۹
سنگ آهک ۱۳۸، ۱۸۲، ۱۸۳، ۲۰۹، ۲۱۵، ۲۳۹، ۲۹۰، ۳۰۳، ۳۱۳
سَنگر، فردریک ۵۶۷، ۵۶۸، ۶۰۸
سنگ‌های قیمتی ۱۹، ۱۸۴
سن و عمر کره‌ی زمین ۱۵۶
سن‌یابی پرتوزا ۴۹۹
سوسور، اوراس دو (۱۷۴۰-۱۷۹۹) ۲۲۱
سولاندر، دانیل (۱۷۳۳-۱۷۸۲) ۱۸۱، ۱۹۹، ۲۱۷
سولفوریک اسید ۳۰، ۱۹۸، ۲۰۸، ۲۳۵، ۲۳۸، ۲۳۹، ۲۷۰، ۲۸۳، ۴۰۶
سیارات در اکثر صفحات
سیارک ۲۲۰، ۲۶۱، ۵۹۹، ۶۰۰، ۶۱۷
سیاهچاله ۲۲۷، ۴۸۹، ۴۹۰، ۵۹۱، ۶۲۲
سیفلیس ۳۰، ۵۱، ۳۹۶، ۴۴۳، ۴۶۴، ۴۶۸
سیگنال‌های رادیویی ۴۴۳، ۵۲۶، ۵۸۶، ۵۸۷
سینکروترون ۵۶۱

✓

شاپ، کلود (۱۷۶۳-۱۸۰۵) ۱۷۳
شاپ، ویلیام ۶۱۴
شارپانتیه، ژان ۳۱۴، ۳۱۵
شارل، ژاک (۱۷۴۹-۱۸۲۳) ۲۲۴، ۲۲۵، ۲۷۱، ۳۳۹
شپلی، هارلو (۱۸۸۵-۱۹۷۲) ۴۹۰، ۴۹۱، ۴۹۲، ۵۰۶
شتابگر ذرات ۵۶۱، ۶۱۸
شتابگرهای خطی ۵۶۱، ۵۶۲
شرح نظریه‌ی هاتونی زمین ۲۱۹
شرودینگر، اروین (۱۸۸۷-۱۹۶۱) ۵۱۶، ۵۷۱
شکافت هسته‌ای ۴۶۰، ۴۹۸، ۵۲۸، ۵۳۳، ۵۳۸، ۵۳۹، ۵۶۹
شکست نور ۱۱، ۶۵، ۱۰۸، ۱۲۳، ۱۶۵، ۳۴۰

شکل کره‌ی زمین ۱۵۹
شله، کارل (۱۷۸۶-۱۷۴۲) ۱۱۱، ۱۸۵، ۲۰۸، ۲۱۴، ۲۱۶
شمارگر گایگر ۴۸۱، ۵۷۰
شوارتسشیلد، کارل (۱۹۱۶-۱۸۷۳) ۴۸۹، ۴۹۰، ۶۲۲
شیمی آلی ۲۲۸، ۳۲۵، ۳۲۶، ۳۷۰، ۵۴۵
شیمی‌درمانی ۴۶۸

✓

صفر مطلق در اکثر صفحات

✓

طب حرفه‌ای ۱۷۸
طب ـ شیمی ۲۲
طبیعت در برابر پرورش ۳۸۵
طول جغرافیایی در اکثر صفحات
طیف الکترومغناطیسی ۳۹۳، ۴۱۸
طیف‌نمایی جرم ۴۹۶

✓

ظهور «انجمن‌های علمی» ۹۵

✓

عالم تورمی ۶۰۱، ۶۱۱
عالم زمین‌مرکزی ۲۷
عامل رسوس ۴۶۳
عبدوالسلام ۵۸۷، ۵۸۸
عدد اتمی ۳۷۷، ۳۸۶، ۴۵۲، ۴۹۴، ۴۹۸، ۵۳۷
عدد ماخ ۳۹۸، ۳۹۹
عدسی ۵۶، ۵۷، ۵۸، ۵۹، ۱۰۷، ۱۰۸، ۱۰۹، ۱۷۰، ۱۸۶، ۲۳۷، ۲۵۰، ۲۸۹
عدسی فرنل ۲۸۹
عدم قطعیت ۱۶۶، ۴۳۶، ۴۴۰، ۴۵۳، ۴۷۳، ۵۱۳، ۵۱۴، ۵۱۵
عرض جغرافیایی ۳۹، ۱۲۸، ۱۴۸، ۱۴۹، ۱۵۲، ۱۵۳، ۱۵۴، ۱۵۹، ۱۷۸، ۱۹۳، ۱۹۴
عصب‌شناسی ۲۷۶
عصر فضا ۵۷۰، ۶۱۵
عکاسی در اکثر صفحات
عکس‌العمل شرطی ۴۵۰
علم جدید ۲۴، ۷۲، ۲۵۱، ۳۱۰، ۳۲۶، ۴۹۶
عمل موئینگی ۱۳۵، ۱۵۰
عناصر در اکثر صفحات

✓

غده‌ی فوق کلیوی ۳۹
غده‌ی هیپوفیز ۵۹۶، ۵۹۷

✓

فابر، دیوید (فابریسیوس) (۱۶۱۷-۱۵۶۴) ۵۳
فاجعه‌ی فرابنفش ۳۸۴، ۴۳۱، ۴۳۲، ۴۳۳
فاراد ۱۶۲
فاراده، مایکل (۱۸۶۷-۱۷۹۱) در اکثر صفحات
فارنهایت، دانیل ۱۲۸، ۱۲۹، ۱۵۹، ۱۶۰، ۳۳۹
فاصله‌ی سیارات از خورشید ۲۶۰، ۳۸۶
فالوپیوس، گابرئیل (۱۵۶۲-۱۵۲۳) ۳۸
فراکاستورو، جیرولامو (۱۵۵۳-۱۴۷۸) ۱۹، ۲۹، ۳۰، ۱۹۳
فرانکلند، ادوارد ۳۵۴، ۳۵۵، ۳۵۶
فرانکلین، بنیامین (۱۷۹۰-۱۷۰۶) ۱۲۶، ۱۵۱، ۱۷۸، ۱۹۵، ۲۰۴، ۲۱۸، ۲۲۳، ۲۲۴، ۲۲۵، ۲۳۱، ۲۴۶، ۳۰۴
فراونهوفر، یوزف (۱۸۲۶-۱۷۸۷) ۲۸۳، ۳۰۷، ۳۸۱، ۳۹۵، ۴۷۹، ۴۸۳، ۴۸۴، ۴۸۶، ۵۴۹
فرضیه ۶۹، ۲۷۸، ۲۹۹، ۳۳۷
فرضیه‌ی پراوت ۴۹۷
فرما، پی‌یر (۱۶۶۵-۱۶۰۱) ۶۷، ۱۶۵
فرمی، انریکو (۱۹۵۴-۱۹۰۱) ۵۲۶، ۵۳۸، ۵۳۹، ۵۴۰
فرنل، آگوستین (۱۸۲۷-۱۷۸۸) ۲۸۸
فرهنگستان علوم فرانسه ۱۴۰، ۱۶۳، ۱۶۹، ۱۹۴، ۲۰۰، ۲۲۸، ۲۸۶، ۲۸۸، ۲۸۹، ۴۷۱
فریش، کارل فون (۱۹۸۲-۱۸۸۶) ۵۴۰، ۵۴۱
فسفر ۸۲، ۹۴، ۲۱۴، ۲۳۶، ۳۰۱، ۳۵۵، ۳۵۶، ۳۸۶، ۵۱۱، ۵۳۶، ۵۴۶
فشار خون ۱۵۰، ۵۰۲
فشارسنج ۷۴، ۷۹، ۸۴، ۸۵، ۸۸، ۱۱۲، ۱۳۲، ۲۲۳
فشار هوا در اکثر صفحات
فضا و زمان مطلق ۱۳۷، ۳۹۹
فلامستید، جان ۹۶، ۱۰۳، ۱۰۴، ۱۳۳، ۱۴۰، ۱۴۶، ۱۴۷
فلایشمن، مارتین ۶۰۶، ۶۰۷
فلچر، ویلیام ۴۵۷، ۴۵۸
فلسفه‌ی جانورشناسی ۲۷۴
فلسفه‌ی مکانیکی ۷۷
فلمینگ، الکساندر (۱۹۵۵-۱۸۸۱) ۵۱۸
فلمینگ، والتر (۱۹۰۵-۱۸۴۳) ۳۸۸، ۴۰۸، ۴۴۸، ۴۶۸، ۵۶۳
فلوری، هاوارد (۱۹۶۸-۱۸۹۸) ۵۱۹
فلوژیستون در اکثر صفحات
فناوری قرن هجدهم ۵، ۱۷۲
فناوری قرن بیستم ۶، ۵۵۱
فناوری قرن نوزدهم ۶، ۳۴۳
فوتون ۴۳۳، ۴۵۶، ۵۱۵، ۵۸۸، ۶۲۰
فوریه، ژوزف (۱۸۳۰-۱۷۶۸) ۲۹۷
فوکو، لئون (۱۸۶۸-۱۸۱۹) ۳۱۱، ۳۴۰، ۳۵۰، ۳۵۱
فونک، کازیمیر (۱۹۶۷-۱۸۸۴) ۴۵۷
فون‌گریکه، اوتو (۱۶۸۶-۱۶۰۲) ۸۶، ۸۷، ۸۸، ۹۶، ۹۷، ۳۵۸
فون‌لیبیش، یوستوس (۱۸۷۳-۱۸۰۳) ۳۲۰
فون هالر، آلبرشت (۱۷۷۷-۱۷۰۸) ۱۶۷
فون هلمونت، یان (۱۶۴۴-۱۵۷۹) ۱۴۲، ۱۸۲
فون وایتسکر، کارل (؟-۱۹۱۲) ۴۶۷، ۴۹۷، ۵۳۶، ۵۳۷، ۵۴۹
فیتزجرالد، جورج (۱۹۰۱-۱۸۵۱) ۴۵۳
فیرشو، رودولف (۱۹۰۲-۱۸۲۱) ۳۱۷، ۴۰۸
فیزو، هیپولیت (۱۸۹۶-۱۸۱۹) ۳۴۰
فیزیک ذرات ۶۱۸، ۶۲۰
فیزیک کوانتومی در اکثر صفحات
فیزیک هسته‌ای ۴۴۲، ۴۴۴، ۴۸۱، ۵۲۸، ۵۵۶، ۵۶۱، ۵۶۲
فیزیولوژی ۵۲، ۱۱۱، ۱۵۰، ۱۶۶، ۱۶۷، ۳۲۱، ۳۵۳، ۵۴۱
فیشر، امیل (۱۹۱۹-۱۸۲۵) ۴۰۶
فیلیپس، جان ۳۷۱، ۳۷۲، ۳۷۳، ۵۹۹

✓

قانون آونگ ۴۲
قانون اکتاوها ۳۷۷
قانون اهم ۲۹۵، ۲۹۶
قانون برهم‌نهی ۲۱، ۱۰۳
قانون بوده ۲۵۹
قانون بویل ۸۸، ۲۲۵، ۳۸۲
قانون ژول ۲۹۵
قانون شارل ۲۲۵، ۲۲۶، ۳۸۲
قانون فشارهای جزئی ۲۵۷
قانون کولن ۲۳۱، ۲۳۲
قانون گرانش ۱۲۰، ۴۸۹
قانون گی‌ـ لوساک ۲۲۶، ۲۷۱
قانون هوک ۱۱۴، ۱۱۵
قدرت بخار ۵، ۱۷۲
قطبش نور ۲۷۲
قطب‌نمای مغناطیسی ۱۱، ۱۳۰، ۳۱۸
قطب‌های مغناطیسی ۴۸، ۳۱۸، ۳۲۰
قوانین ترکیب شیمیایی ۲۶۵
قوانین ترمودینامیک ۲۹۴، ۳۲۹، ۳۸۰
قوانین جریان‌های الکتریکی ۲۹۵
قوانین حرکت سیاره‌ای ۴۱، ۶۱، ۱۰۶، ۱۴۱
قوانین طبیعت ۴۲، ۱۳۳، ۱۶۶، ۳۹۹، ۴۵۹

✓
کارلایل، آنتونی ۲۶۷، ۲۷۱
کارنو، سادی (۱۸۳۲-۱۷۹۶) ۲۹۳، ۲۹۴، ۳۴۱، ۳۸۰
کاسینی، جووانی/ ژان/ جان (-۱۶۲۵ ۱۷۱۲) ۳، ۸۳، ۱۰۳، ۱۰۴، ۱۰۵، ۱۰۶، ۱۵۷، ۱۵۸، ۱۹۰، ۳۳۸
کافئین ۲۸۷
کالامین ۱۶۴
کالبدشناسی ۱۲، ۱۹، ۲۱، ۲۶، ۳۸، ۵۲، ۱۱۶، ۱۶۶، ۱۶۷، ۲۷۷، ۲۷۹، ۲۸۶
کالبدشناسی مقایسه‌ای معده و روده ۱۱۶
کالریک ۷، ۲۳۱، ۲۳۵، ۲۴۶، ۲۴۷، ۲۶۳، ۲۶۴، ۲۶۹، ۲۹۴، ۳۳۵، ۳۷۹
کامپتون، آرتور (۱۹۶۲-۱۸۹۲) ۴۵۷
کامپیوترهای قیاسی ۳۲۹
کامراریوس، رودولف (۱۷۲۱-۱۶۶۵) ۱۸۹
کامیلیس، لئوناردوس ۱۹، ۲۰
کانت، ایمانوئل (۱۸۰۴-۱۷۲۴) ۱۷۰، ۳۳۳، ۵۰۶
کاوشگر زمینه کیهانی (کوبه) ۶۰۹
کاوندیش، هنری (۱۸۱۰-۱۷۳۱) در اکثر صفحات
کبالت ۲۱۶، ۳۰۱
کبد ۶۴، ۳۵۳، ۵۰۳
کپلر، یوهان (۱۶۳۰-۱۵۷۱) ۴۰، ۴۱، ۵۲، ۵۳، ۵۶، ۵۷، ۵۹، ۶۰، ۶۱، ۷۲، ۱۰۶، ۱۱۶، ۱۱۷، ۱۴۱، ۲۲۳، ۳۰۷، ۳۲۷، ۴۸۵، ۵۰۶، ۶۴۰
کتاب طبیعت ۲۴، ۱۰۶، ۳۹۰
کخ، رابرت (۱۹۱۰-۱۸۴۳) ۲۹، ۳۴۴، ۳۹۵، ۴۰۹، ۴۱۴، ۴۶۸
کربس، هانس (۱۹۸۱-۱۹۰۰) ۵۳۴، ۵۳۵
کربن در اکثر صفحات
کربن دیوکسید در اکثر صفحات
کرم ابریشم ۹۲
کروکس، ویلیام (۱۹۱۹-۱۸۳۲) ۲۸۱، ۳۵۹، ۴۱۶، ۴۲۲
کرول، جیمز (۱۸۹۰-۱۸۲۱) ۴۹۴
کروماتین ۳۸۸، ۳۸۹
کروموزوم ۸، ۳۸۹، ۴۴۸، ۴۴۹، ۴۶۹، ۴۷۰، ۶۰۶
کریپتون ۴۲۶، ۴۶۱
کریک، فرانسیس (۲۰۰۴-۱۹۱۶) ۴۸۷، ۵۶۳، ۵۶۴، ۵۷۱، ۵۸۳، ۵۸۹، ۶۰۷
کف اقیانوس ۴۸۰، ۵۶۶، ۵۶۷
کف دریا ۵۶۵، ۵۶۶، ۵۶۷، ۶۱۱، ۶۱۳
کِکوله، فردریک ۳۶۸
کلاوزیوس، رودولف (۱۸۸۸-۱۸۲۲) ۳۴۱، ۳۸۰، ۳۸۱، ۴۰۰
کلایتمن، ناتانیل ۵۶۰
کلر ۱۷۳، ۱۷۷، ۲۰۸، ۲۰۹، ۲۱۶، ۲۳۶، ۲۸۱، ۳۰۱، ۳۰۲، ۳۵۶، ۳۸۷، ۴۰۵، ۴۶۱، ۴۹۷، ۴۹۸، ۵۱۱، ۵۱۲، ۵۲۰، ۵۲۱، ۵۹۵
کلروپلاست ۳۱۶، ۵۸۴
کلروفلوئورو کربن ۵۹۴
کلروفیل ۲۰۸، ۲۲۱، ۲۸۸، ۵۳۶، ۵۴۵، ۵۸۴
کلوین، لرد ۲۷۱، ۲۹۳، ۳۲۶، ۳۲۸، ۳۲۹، ۳۳۵، ۳۳۸، ۳۳۹، ۳۵۶، ۳۷۳، ۳۸۰، ۳۸۳، ۴۳۰، ۴۶۱، ۶۰۷
کلسیم ۱۸۳، ۲۰۷، ۲۱۰، ۲۱۳، ۲۳۶، ۲۳۹، ۲۶۸، ۳۰۲، ۳۷۶، ۵۱۲، ۵۳۶
کمپانی شیمیایی دوپون ۵۹۴
کِنِلی، آرتور (۱۹۳۹-۱۸۶۱) ۴۴۵، ۴۴۶
کهکشان در اکثر صفحات
کوارک سر ۶۱۹، ۶۲۰
کوارک‌ها ۵۶۲، ۵۷۶، ۶۱۹
کوانتوم ۶، ۳۴۹، ۴۱۳، ۴۳۳، ۴۴۲، ۴۵۶، ۴۷۴، ۵۱۵
کوپرنیک، نیکلا (۱۵۴۳-۱۴۷۳) در اکثر صفحات
کوررنگی ۲۵۷
کورلیس، جان ۵۹۷
کوری، پی‌یر (۱۹۰۶-۱۸۵۹) ۳۷۴، ۴۲۱، ۴۲۳، ۴۲۴، ۵۳۹، ۵۶۷
کوری، ماری (۱۹۳۴-۱۸۶۷) ۴۲۳، ۴۲۸، ۴۷۰، ۴۷۱، ۵۱۹، ۵۶۷
کوریولیس، گاسپار (۱۸۴۳-۱۷۹۲) ۳۱۰
کوسموترون ۵۳۳، ۵۶۱، ۵۶۲، ۵۷۶
کوک، جیمز ۱۸۱، ۱۹۱، ۱۹۹، ۲۱۷، ۳۱۹
کولرویتر، یوزف (۱۸۰۶-۱۷۳۳) ۱۸۹، ۳۷۹
کولن، شارل (۱۸۰۶-۱۷۳۶) ۲۳۱، ۲۴۵، ۲۹۴
کوهن/ کون، استنلی ۵۸۹
کوهن/ کون، استنلی ۵۸۹، ۵۹۰
کووِنو ۲۸۷
کوویه، ژرژ (۱۸۳۲-۱۷۶۹) ۲۰۲، ۲۷۹، ۲۸۰، ۳۵۲
کیتوساتو، شیبازا بورو ۴۱۴
کیرشهوف، گوستاو (۱۸۸۷-۱۸۲۴) ۳۸۱
کیمیاگری ۱۰، ۲۳، ۵۲، ۹۳، ۹۵، ۹۷، ۱۰۱، ۱۳۳، ۲۳۴، ۴۵۲، ۴۹۲، ۴۹۳، ۴۹۶، ۴۹۷، ۵۲۹
✓
گاز خنده ۲۵۸
گازهای گلخانه‌ای ۲۹۷
گازهای نادر ۳۸۷، ۳۹۵، ۴۱۵، ۴۲۵، ۴۲۶، ۵۱۲
گاسندی، پی‌یر (۱۶۵۵-۱۵۹۲) ۵۲، ۶۷، ۶۸، ۶۹
گالتون، فرانسیس (۱۹۱۱-۱۸۲۲) ۲۲۴، ۳۸۴، ۳۸۵، ۴۳۶
گالوانومتر ۲۳۴، ۲۹۱، ۳۰۴، ۳۰۵، ۳۲۹
گالوانیزه کردن ۲۳۴
گالوانی، لویی‌جی (۱۷۹۸-۱۷۳۷) ۱۶۷، ۲۲۳، ۲۳۴، ۲۴۴، ۲۵۵، ۲۹۱، ۲۹۹، ۶۳۳، ۶۳۸
گالو، رابرت ۶۰۳
گالیله در اکثر صفحات
گالیم ۳۸۷، ۳۹۵
گالیلئی، گالیلئو (گالیله) ۷۲
گاموف، جورج (۱۹۶۸-۱۹۰۴) ۵۴۹، ۵۸۲
گایسلر، هاینریش (۱۸۷۹-۱۸۱۵) ۳۰۶، ۳۵۷، ۳۵۸، ۳۵۹، ۴۰۳، ۴۱۶، ۴۱۹، ۴۲۶، ۴۶۰
گایگر، هانس (۱۹۴۵-۱۸۸۲) ۴۶۴، ۴۶۵، ۴۸۱، ۴۸۲، ۴۸۳، ۵۰۹، ۵۲۹، ۵۳۳، ۵۷۰
گداخت سرد ۶۰۷، ۶۰۷–۶۴۰
گداخت (همجوشی) هسته‌ای ۵۳۷، ۶۰۶
گرانیت ۲۱۱، ۲۱۵، ۲۹۰، ۳۰۳
گراهام، جورج (۱۸۶۱-۱۷۹۲) ۱۳۱، ۴۴۱
گرایش گونه‌ها به جدایی مبهم از نوع اولیه ۳۶۷
گرداب ۷۷، ۷۸
گردش افلاک آسمانی ۲۷
گردش خون ۵۲، ۹۲، ۱۰۵، ۱۸۷، ۲۲۹، ۴۰۴
گرده‌افشانی ۱۸۹، ۱۹۰، ۴۳۵
گرمایش جهانی ۲۹۷، ۶۲۷
گرو، نمینیا ۸۳، ۹۶، ۱۱۵، ۱۱۶
گری، استیون ۱۴۶
گریفیتس، فردریک ۵۱۷، ۵۱۸، ۵۴۶
گریمالدی، فرانچسکو (۱۶۶۳-۱۶۱۸) ۹۷

گزارش علمی در باب تاریخ طبیعی یک پولیپ آب آشامیدنی ۱۶۱
گسنر، کنراد ۱۹، ۲۴، ۲۵
گلاشو، شلدون ۵۸۷، ۵۸۸، ۶۱۹
گل انگشتانه ۱۹۵، ۲۲۹
گلاوبر، یوهان (۱۶۶۸-۱۶۰۴) ۲۳۸
گلد، توماس ۵۴۹
گلمن، موری/ گل-مان ماری (-۱۹۲۹) ۵۷۴، ۵۷۵، ۵۷۶
گل‌های فرانسه ۲۸۶
گلیبراند، هنری (۱۶۳۶-۱۵۹۷) ۱۳۰
گلیسین ۳۲۵، ۵۶۲
گندزدا ۲۰۹
گنه گنه ۲۲۹، ۲۸۷، ۳۶۲، ۵۴۵
گوث، آلن ۶۰۰، ۶۰۱
گوتیه، آنری (۱۷۳۷-۱۶۶۰) ۱۵۷
گوهر جدید سلامتی ۲۵
گیاه‌شناسی ۲۴، ۲۵، ۳۸، ۱۱۵، ۱۴۷، ۱۸۰، ۱۸۹، ۱۹۹، ۲۰۴، ۲۱۷، ۲۲۸، ۲۸۶، ۲۹۸
گیلبرت، والتر ۶۰۸
گیلبرت، ویلیام (۱۶۰۳-۱۵۴۴) ۳۸، ۴۴، ۴۷، ۹۷، ۳۱۹
گی- لوساک، ژوزف (۱۸۵۰-۱۷۷۸) ۲۲۶، ۲۷۰، ۲۷۱، ۲۷۷، ۲۷۸، ۳۳۹، ۶۳۸

✓

لاپلاس، پی‌یر (۱۸۲۷-۱۷۴۹) ۱۳۴، ۱۳۷، ۲۴۳، ۲۷۰، ۴۳۶
لاکای، نیکولاس (۱۷۶۲-۱۷۱۳) ۱۴۱
لاک، جان (۱۷۰۴-۱۶۳۲) ۶۷، ۱۲۱، ۳۸۵
لاک‌یر، نورمن ۳۸۱، ۴۲۶
لاگرانژ، ژوزف (۱۸۱۳-۱۷۳۶) ۲۰۵، ۲۰۶
لامارک، ژان (۱۸۲۹-۱۷۴۴) ۱۶۹، ۲۴۰، ۲۶۷، ۲۷۳، ۲۷۴، ۲۸۶، ۳۰۲، ۳۷۱، ۴۴۴، ۵۴۳
لانتشتاینر، کارل ۴۶۳
لاوران، آلفونس (۱۹۲۲-۱۸۴۵) ۴۰۱، ۴۰۲
لاول، پرسیوال (۱۹۱۶-۱۸۵۵) ۶۰۷
لاووازیه، آنتوان (۱۷۹۴-۱۷۴۳) در اکثر صفحات
لایب‌نیتس، گوتفریت (۱۷۱۶-۱۶۴۶) ۱۰۱، ۱۳۳، ۱۳۶، ۱۳۷، ۶۳۸
لایل، چارلز (۱۸۷۵-۱۷۹۷) ۲۱۹، ۲۷۴، ۲۸۰، ۳۰۲، ۳۰۸، ۳۷۱، ۳۹۰، ۴۹۴
لایه‌ی اوزون ۴۴۷، ۵۰۱، ۵۹۴، ۵۹۵
لختی ۵۵، ۳۱۰، ۳۵۱، ۳۹۸، ۳۹۹
لکرک، ژرژ ۱۶۹
لکه‌های خورشید ۶۳
لنارد، فیلیپ (۱۹۴۷-۱۸۶۲) ۴۵۶
لوئیس، گیلبرت (۱۹۴۶-۱۸۷۵) ۵۲۰
لوبلان، نیکولا ۲۳۸، ۲۳۹، ۲۴۰
لورنتس، هاینریش ۴۵۳، ۴۵۵
لوریا، سالوادور (۱۹۹۱-۱۹۱۲) ۵۴۲
لوزالمعده ۳۵۳، ۵۰۲
لوله‌های رحمی ۳۸
لومونوسف، میخائیل (۱۷۶۵-۱۷۱۱) ۱۹۶، ۱۹۷
لونهوک، آنتونی‌وان ۱۰۶، ۱۱۰، ۱۶۱، ۱۸۷، ۱۹۲، ۳۶۱، ۴۰۱
لویت، هنریتا (۱۹۲۱-۱۸۶۸) ۴۷۴، ۴۷۵، ۴۹۱
لی، چو هوآ ۵۹۶
لیبی، ویلارد (۱۹۸۰-۱۹۰۸) ۵۶۸
لیپرشی، هانس (۱۶۱۹-۱۵۷۰) ۵۷
لیستر، ژوزف (۱۹۱۲-۱۸۲۷) ۳۴۳
لیکی، لوئیس و ماری (۱۹۷۲-۱۹۰۳) ۵۷۶، ۵۷۸، ۵۹۳
لیند، جیمز (۱۷۹۴-۱۷۱۶) ۱۶۸، ۴۵۸
لینه (لینایوس)، کارل (۱۷۷۸-۱۷۰۷) ۲۵، ۹۱، ۱۴۷، ۱۷۸، ۱۸۰، ۱۸۱، ۱۸۴، ۱۹۹، ۲۸۶

✓

ماخ، ارنست (۱۹۱۶-۱۸۳۸) ۳۵۱، ۳۹۸، ۳۹۹، ۴۸۸
ماده‌ی تاریک ۵۳۲، ۶۱۱، ۶۲۵
مارپیچ دوگانه ۵۶۴
مارسدن، ارنست ۴۶۴، ۴۶۵، ۵۰۹
مارکونی، گولیلمو (۱۹۳۷-۱۸۷۴) ۴۱۳، ۴۱۸، ۴۱۹، ۴۴۵، ۴۴۶
مارگولیس، لین ۵۸۴، ۵۸۶، ۶۰۵، ۶۲۶
مارَن ۵۲، ۶۷
ماریوت، ادم (۱۶۸۴-۱۶۲۰) ۸۸، ۸۹
ماشین طبیعت ۵، ۱۲۶
ماشین‌های بخار ۱۷۲، ۲۹۳، ۳۴۱، ۳۴۳
ماکسام، آلن ۶۰۸
مالاریا ۱۰۶، ۱۹۲، ۲۲۹، ۲۸۷، ۳۵۰، ۳۶۲، ۴۰۱، ۴۰۲، ۵۸۰، ۵۹۴، ۶۰۳
مالپیگی، مارچلو ۶۵، ۸۳، ۹۱، ۹۲، ۱۴۲
مالوس، اتی‌ین ۲۷۲، ۲۷۳، ۳۲۶، ۳۳۰
ماهواره‌ها ۴۸۸، ۵۵۹، ۵۷۰، ۵۸۲
مایکلسون، آلبرت (۱۹۳۱-۱۸۵۲) ۴۱۱، ۴۱۲، ۴۳۱، ۴۵۳
مایه‌کوبی ۲۱۲، ۲۲۰، ۲۴۱، ۲۴۲، ۳۴۴، ۴۱۰، ۵۱۷، ۶۰۴
مبانی شیمی ۱۳۸
مبانی فیزیولوژی ۱۶۷
متچنیکوف، ایلیا ۴۰۳، ۴۰۴، ۴۰۵
متوازی‌الاضلاع نیروها ۴۵
مثلث نیروها ۴۵
مختصات دکارتی ۷۷
مدارهای سیارات ۲۷، ۵۹، ۱۱۴، ۴۸۵
مدل استاندارد ماده ۶۲۵
مذاکرات فلسفی ۹۶، ۱۲۱
مرجان ۳۱۳
مرداک، ویلیام (۱۸۳۹-۱۷۵۴) ۱۷۳
مرسن، مارَن (۱۶۴۸-۱۵۸۸) ۵۲، ۶۷، ۶۸
مرض قند ۵۰۲، ۵۶۸، ۶۲۱
مرکاتور، گرهارد/ خرارت (-۱۵۱۲ ۱۵۹۴) ۳۹
مریخ ۱۰، ۲۸، ۸۵، ۱۰۴، ۱۰۶، ۱۰۷، ۱۵۸، ۲۲۲، ۲۶۰، ۲۹۲، ۳۳۳، ۳۵۰، ۳۹۷، ۳۹۸، ۵۴۷، ۶۰۷، ۶۱۶، ۶۱۷، ۶۲۵
مزون ۵۳۳، ۶۲۰
مساحی ۳۲، ۳۹، ۱۰۲، ۱۲۹، ۱۵۷، ۱۵۸، ۴۹۴
مسیه ۱۷۱
مشتری در اکثر صفحات
مصونیت ۲۴۲، ۴۰۹، ۴۱۰، ۴۱۴، ۵۴۳
معادلات ریاضی ۲۳، ۵۲۲
معادله‌ی ژول ۳۳۵
مغناطیس طبیعی ۸۷
مقاومت در برابر دارو ۵۱۹
مقیاس ریشتر ۱۸۴، ۴۴۳، ۵۲۹
مقیاس سلسیوس ۱۲۹
مقیاس کلوین ۳۳۹
مکسول، جیمز کلرک (۱۸۷۹-۱۸۳۱) ۲۸۱، ۳۲۷، ۳۹۱، ۳۹۲، ۳۹۳، ۳۹۴، ۴۱۲، ۴۱۳، ۴۱۸، ۴۲۲، ۴۳۶، ۵۸۸، ۵۹۱، ۶۱۳
ملویل، توماس ۲۸۳، ۲۸۴، ۳۴۸
مندل، گرگور ۸، ۱۹۰، ۳۷۷، ۳۷۸، ۳۷۹، ۳۸۶، ۴۰۸، ۴۰۹، ۴۳۵، ۴۴۴، ۴۴۸، ۴۴۹، ۴۶۸، ۴۶۹، ۴۷۰
مندلیف، دیمتری (۱۹۰۷-۱۸۳۴) ۳۵۶، ۳۸۵، ۳۸۶، ۳۸۷، ۳۹۴، ۳۹۵، ۴۲۶، ۵۱۰، ۵۷۶، ۶۱۸
منشأ حیات ۱۱۰، ۳۷۶، ۵۶۳
منشأ قاره‌ها و اقیانوس‌ها ۴۸۰
منشأ گونه‌ها ۲۴۰، ۲۷۴، ۳۱۴، ۳۶۸، ۳۷۰، ۳۷۱، ۳۷۳، ۳۹۰
منظومه‌ی شمسی در اکثر صفحات
منگنز ۲۰۸، ۲۱۶
منیزیم ۱۱۶، ۲۳۶، ۲۶۸، ۳۰۱، ۳۷۶، ۴۲۶، ۵۱۱، ۵۱۲، ۵۳۶

منیزیم سولفات ۱۱۶
مهندسی ژنتیک ۵۵۳، ۵۸۳، ۵۸۹، ۵۹۰، ۶۰۸، ۶۲۷
مواد شیمیایی در اکثر صفحات
مواد مخدر ۵۹۶، ۵۹۷
موپرتویی، پی‌یر (۱۷۵۹-۱۶۹۸) ۱۶۵، ۱۶۶، ۵۱۴
موجودات ذره‌بینی ۱۹۳، ۴۱۴، ۴۲۴، ۴۲۵، ۴۶۸
مورفین ۲۸۷، ۵۹۶، ۵۹۷
مورگان، توماس هانت (۱۹۴۵-۱۸۶۶) ۴۶۸، ۵۰۹، ۵۴۴
مورلی، آرتور ۴۱۱، ۴۱۲
مورلی، ادوارد (۱۹۲۳-۱۸۳۸) ۴۳۱
موسنبروک، پیتر وان (۱۷۶۱-۱۶۹۲) ۱۶۳
موضع ستارگان ۱۴۶، ۴۸۷
مولر، هرمان (۱۹۶۵-۱۸۹۹) ۵۰۹
مولکول‌ها در اکثر صفحات
مولیبدن ۲۱۶
مولینا، ماریو ۵۹۴، ۵۹۵
مونتاناری، حمیناریو ۵۳
مونتانیه، لوک ۶۰۳، ۶۰۴
مونسون ۱۱۲
موس، فردریک ۲۸۹، ۲۹۰
مونیه، ژوزف (۱۹۰۶-۱۸۲۳) ۳۴۵
میتوز ۳۸۹، ۴۴۸
میتوکندری ۳۱۶، ۶۰۵
میچل، جان (۱۷۹۳-۱۷۲۴) ۱۸۴، ۲۲۶، ۲۲۷، ۲۴۵، ۴۸۹، ۶۲۷
میدان در اکثر صفحات
میشر، یوهان (۱۸۹۵-۱۸۴۴) ۳۸۸، ۴۰۸، ۵۶۳
میکروب ۱۷۸، ۱۹۳، ۱۹۹، ۳۶۱، ۳۷۵، ۳۹۵، ۴۰۹، ۴۱۰، ۵۱۷، ۶۰۷
میکروب‌ها ۸۲، ۳۴۳، ۳۶۶، ۳۷۵، ۳۷۶
میکروسکوپ الکترونی ۴۴۴، ۵۴۲
میکروگرافیا ۹۹، ۱۲۲
میلانکوویچ، میلوتین ۳۱۵، ۴۹۴، ۴۹۵
میلر، استنلی ۵۶۲
میلیکان، رابرت (۱۹۵۳-۱۸۶۸) ۴۵۷
مِیو، جان (۱۶۷۹-۱۶۴۱) ۱۱۰، ۲۱۴، ۵۳۴
میوز ۳۸۹، ۴۴۸

✓

نام‌گذاری گیاهان ۱۴۷، ۱۸۰
نبوغ موروثی ۳۸۵
نپتون ۲۶۰، ۲۶۱، ۳۲۷، ۳۲۸، ۳۳۸، ۴۹۴، ۶۱۶
نپتونیسم ۲۱۵
نظام جهان هستی ۱۱۹، ۱۲۱، ۱۳۷
نظام طبیعت ۱۸۴
نظر در خصوص کالبدشکافی جدید مغز ۲۷۶
نظریه‌ی اتمی ۱۹۶، ۲۵۵، ۲۵۷، ۲۶۵، ۲۷۰، ۲۷۱، ۲۷۷، ۲۸۲، ۲۹۹، ۳۳۴، ۶۱۳
نظریه‌ی زمین ۲۱۹
نظریه‌ی مهبانگ ۵۸۱، ۶۰۰، ۶۰۹
نظریه‌ی نسبیت عام ۳۹۸، ۴۸۷، ۴۸۹، ۴۹۶
نظریه‌ی یاخته‌ای ۲۵۵، ۴۰۸
نظریه‌ی یخساری ۳۱۵
نظریه‌ی یونی ۴۰۶
نقاط لاگرانژ ۲۰۵، ۲۰۶
نقشه‌های زمین‌شناختی ۳۷۲
نقشه‌های هم‌دید ۵۰۳
نمادگذاری اعشاری ۴۵
نمک در اکثر صفحات
نواختران ۵۳۱، ۵۸۷
نوبل، آلفرد (۱۸۹۶-۱۸۳۳) ۳۴۴
نوترینو ۵۲۶، ۵۳۳، ۶۲۰
نوداک، ایدا ۵۳۹
نور فرابنفش در اکثر صفحات
نور فروسرخ ۴۳۱
نورمن، رابرت ۳۸، ۴۳، ۴۷
نوکلئون‌ها ۵۳۳
نوکلئیک اسید ۳۴۹، ۳۸۹، ۴۰۸، ۴۰۹، ۴۴۵، ۵۱۸، ۵۴۶
نوله، ژان (۱۷۷۰-۱۷۰۰) ۱۵۰، ۱۶۴
نیتروژن در اکثر صفحات
نیرنبرگ، مارشال ۵۸۳
نیروی قوی ۴۹۸، ۵۳۲، ۵۳۳، ۵۸۹، ۵۹۱، ۶۲۰
نیروی گرانش ۴۶، ۵۷، ۷۳، ۱۱۹، ۱۲۰، ۱۲۲، ۱۵۳، ۱۵۴، ۲۲۷، ۲۳۱، ۲۴۳، ۲۴۵، ۲۸۱، ۳۳۸، ۳۹۷، ۴۴۳، ۴۸۸، ۴۸۹، ۶۲۶
نیروی گرانشی ۱۲۰، ۱۴۱، ۲۰۵، ۲۳۱، ۲۳۲، ۲۴۳، ۳۲۷، ۳۷۴، ۳۸۰
نیوتون، آیزاک (۱۷۲۷-۱۶۴۲) در اکثر صفحات
نیوکامن، توماس (۱۷۲۹-۱۶۶۳) ۱۷۲
نیولندز، جان (۱۸۹۸-۱۸۳۷) ۳۷۶، ۳۸۶

✓

واپاشی بتا ۴۵۲، ۵۸۸
وات، جیمز (۱۸۱۹-۱۷۳۶) ۱۷۲، ۱۹۲، ۱۹۵، ۲۱۹، ۲۴۶
واتسون، جان (۱۹۵۸-۱۸۷۸) ۴۵۰
واتسون، جیمز (-۱۹۲۸) ۴۸۷، ۵۶۳، ۵۶۴، ۵۷۱، ۵۸۳، ۵۸۹، ۶۰۷
واتسون وات، رابرت (۱۹۷۳-۱۸۹۲) ۴۴۶
واچرخند ۳۱۱، ۳۸۴
واکنش‌های شیمیایی در اکثر صفحات
والتون، ارنست (۱۹۹۵-۱۹۰۳) ۵۲۸، ۵۶۱
والس، آلفرد ۳۶۶، ۳۷۰
وایزمن، آگوست (۱۹۱۴-۱۸۳۴) ۳۸۹، ۴۰۸، ۴۰۹، ۴۴۵
واینبرگ، استیون (-۱۹۳۳) ۵۸۷، ۵۸۸، ۶۱۹
وبا ۲۹۴، ۳۵۴، ۳۶۱، ۳۶۲، ۳۹۶
وبر، ژوزف ۵۹۱، ۵۹۲
وحدت طبیعت ۳۲۶
وراثت در اکثر صفحات
ورنر، آبراهام (۱۸۱۷-۱۷۴۹) ۲۱۵
ورول، ویلیام ۳۰۸، ۳۰۹، ۳۱۰
وزن اتمی ۲۶۹، ۲۷۸، ۳۰۲، ۳۷۶، ۳۸۷، ۴۵۲، ۴۶۰، ۴۹۴، ۴۹۷، ۴۹۸، ۵۳۷، ۵۶۹
وزن کره‌ی زمین ۲۲۷
وزن هوا ۷۴، ۷۵
وسالیوس، آندرئاس (۱۵۶۴-۱۵۱۴) ۱۹، ۲۵، ۲۶، ۳۸
وگنر، آلفرد (۱۹۳۰-۱۸۸۰) ۷۰، ۴۷۹، ۴۸۰، ۴۹۵، ۵۶۶، ۶۰۷، ۶۱۳
ولتا، الساندرو ۲۳۴، ۲۴۴، ۲۴۵، ۲۵۰، ۲۵۱، ۲۹۰
وَن اَلِن، جیمز ۵۷۰
ونتنر ۶۰۸
وودوارد، جان (۱۸۹۸-۱۸۳۷) ۱۴۲
وودوارد، رابرت (۱۹۷۹-۱۹۱۷) ۵۴۴، ۵۴۵
وولر، فردریش ۲۹۹، ۳۰۰، ۳۰۱، ۳۲۴، ۳۲۵، ۳۳۷، ۵۴۴، ۵۶۳
وولف، گاسپار ۱۸۷، ۳۱۷
ویپل، فرد ۵۴۷
ویتامین‌ها ۴۴۳، ۴۵۷، ۵۳۴
ویتنی، الی (۱۸۲۵-۱۷۶۵) ۱۷۲
ویدرینگ، ویلیام ۱۹۵، ۲۲۹، ۲۸۷
ویرانی لیسبون ۱۸۳
ویروس ۴۲۵، ۴۶۳، ۵۴۲، ۵۴۳، ۵۴۶، ۵۸۰، ۶۰۲، ۶۰۳، ۶۰۴، ۶۰۸
ویروس نقص ایمنی انسان ۶۰۴
ویلبرفورس، بیشاپ ۳۹۱
ویلسون، چارلز (۱۹۵۹-۱۸۶۹) ۴۸۱، ۴۸۲
ویلسون، رابرت (۱۸۸۲-۱۸۰۳) ۵۸۱،

۵۸۲، ۶۰۱، ۶۰۹
ویلکه، یوهان ۱۹۱
ویلکینسون، جان (۱۸۰۸-۱۷۲۸) ۱۷۳

✓

هابل، ادوین (۱۹۵۳-۱۸۸۹) ۵۰۵، ۵۲۳، ۵۴۸، ۶۰۰
هاپکینز، فردریک گاولند ۳۴۸، ۴۵۷، ۴۵۸، ۵۳۴
هاتون، جیمز ۲۱۸، ۲۱۹، ۲۲۰
هادلی، جان (۱۷۴۴-۱۶۸۲) ۱۴۹
هادلی، جورج (۱۷۶۸-۱۶۸۵) ۱۱۲، ۱۴۹، ۱۵۱، ۱۵۲، ۳۱۰
هاروی، ویلیام (۱۶۵۷-۱۵۷۸) ۲۱، ۵۲، ۶۴، ۹۲، ۱۸۷
هازارد، سیریل ۵۸۰، ۵۸۶، ۶۲۲
هاکسلی، توماس (۱۸۹۵-۱۸۲۵) ۳۹۰
هاگینز، ویلیام (۱۹۱۰-۱۸۲۴) ۳۲۳
هالی، ادموند (۱۷۴۲-۱۶۵۶) در اکثر صفحات
هانتر، جان (۱۷۹۳-۱۷۲۸) ۲۷۷
هاوارد، لوک ۲۶۶
هایزنبرگ، ورنر (۱۹۷۶-۱۹۰۱) ۵۱۳، ۵۱۴، ۵۱۵، ۵۱۶، ۶۳۲
هدویگ، اسکار ۳۸۹، ۴۰۸، ۴۰۹، ۴۴۵
هرتز، هاینریش (۱۸۹۴-۱۸۵۷) ۳۲۷، ۳۹۳، ۴۱۲، ۴۱۸، ۴۲۲، ۴۳۰، ۴۵۶، ۴۷۲، ۵۰۸، ۵۹۱
هرتسپرونگ، آینار (۱۹۶۷-۱۸۷۳) ۴۶۶، ۴۶۷، ۵۳۷
هرشل، جان (۱۸۷۱-۱۷۹۲) ۲۸۴، ۳۰۶، ۳۰۸، ۳۱۸، ۳۲۲
هرشل، ویلیام (۱۸۲۲-۱۷۳۸) ۱۴۱، ۱۷۰، ۲۲۲، ۲۳۷، ۲۴۹، ۲۵۹، ۲۶۳، ۳۲۳، ۳۲۷، ۳۳۳، ۳۹۳، ۴۹۲، ۵۰۶
هریسون، جان (۱۷۷۶-۱۶۹۱) ۱۴۹، ۱۹۱، ۱۹۴، ۲۰۰
هریوت، توماس (۱۶۲۱-۱۵۶۰) ۶۵
هسته در اکثر صفحات
هسته‌ی اتم ۴۶۵، ۴۸۳، ۴۹۳، ۵۳۱
هس، هری (۱۹۶۹-۱۹۰۶) ۵۶۵، ۵۶۷
هس، ویکتور (۱۹۶۴-۱۸۸۳) ۴۷۶
هلس، استفن ۱۵۰، ۲۰۸، ۲۰۹، ۲۱۴
هلمز، آرتور (۱۹۶۵-۱۸۹۰) ۴۹۸، ۴۹۹
هلمهولتز / هلمهولتس، هرمان (-۱۸۲۱ ۱۸۹۴) ۳۵۹، ۳۶۰، ۳۸۰
هلموت، یان فون ۵۲، ۷۶، ۷۷، ۱۴۲، ۱۴۳، ۱۴۴
هلیم در اکثر صفحات
هلیم مایع ۴۶۱، ۴۶۲
هماهنگی جهان ۶۰
همپارها ۳۳۷
همزمانی ۴۲
همیلتون، ویلیام (۱۸۶۵-۱۸۰۵) ۵۷۹
هندسه ۷۷
هنری، ژوزف (۱۸۷۸-۱۷۹۷) ۳۰۳، ۳۹۲، ۴۳۵
هوا در اکثر صفحات
هواویزها ۵۹۴
هوای قابل اشتعال ۱۹۷، ۱۹۸، ۲۲۵، ۲۳۰
هوای مرطوب ۵۰۵
هوای نمناک ۴۲۷
هوتون، جیمز (۱۷۹۷-۱۷۲۶) ۱۹۶، ۲۸۰، ۳۰۲، ۳۰۸
هورمون ۵۰۲، ۵۰۳، ۵۴۵
هوک، رابرت (۱۷۰۳-۱۶۳۵) ۸۳، ۸۸، ۹۱، ۹۶، ۹۸، ۱۰۱، ۱۰۸، ۱۰۹، ۱۱۰، ۱۱۴، ۱۱۶، ۱۲۲، ۱۳۳
هوکسبی، فرانسیس ۱۳۱، ۱۳۲، ۱۳۴، ۱۳۵
هومینیدها ۵۷۷
هویساید، آلیور (۱۹۲۵-۱۸۵۰) ۴۴۵، ۴۴۶، ۵۹۵، ۶۴۰
هویگنس، کریستین (۱۶۸۷-۱۵۹۶) ۱۱، ۴۲، ۵۵، ۸۳، ۸۵، ۸۶، ۹۸، ۱۰۱، ۱۰۴، ۱۰۸، ۱۱۸، ۱۲۲، ۱۲۳، ۱۹۴، ۲۷۲، ۲۸۸، ۶۳۲، ۶۳۷
هیدرودینامیک ۱۵۴
هیدروژن در اکثر صفحات
هیدروژن سولفاید ۲۳۴
هیدروژن کلراید ۷۶
هیدروکربن‌ها ۳۶۸، ۴۰۷
هیل، جان (۱۷۷۵-۱۷۰۷) ۲۱۲
هیلز، استیون (۱۷۶۱-۱۶۷۷) ۱۴۳، ۱۴۴
هیوئیش، آنتونی ۵۸۶

✓

یاخته‌های جانوری ۳۱۶
یاخته‌های خون ۶۰۳، ۶۲۱
یاخته‌های گیاهی ۳۱۵، ۳۱۶، ۳۵۰، ۴۰۸، ۵۸۴
یانسکی، کارل (۱۹۵۰-۱۹۰۵) ۵۲۶، ۵۴۹، ۵۸۲
یانسن، هانس ۵۹
یانگ، توماس ۹۸، ۲۴۸، ۲۶۱، ۲۶۴، ۲۸۴، ۲۸۹، ۴۱۳، ۵۰۸
یسوعیان ۱۶، ۷۴، ۹۷
یکاهای نجومی ۲۵۹
یکای انرژی ۳۳۵
یوئینگ، ویلیام (۱۹۷۴-۱۹۰۶) ۵۶۵، ۵۶۶، ۵۹۷، ۶۱۱
یوری، هارولد (۱۹۸۱-۱۸۹۳) ۵۶۲
یوکاوا، هیدکی (۱۹۸۱-۱۹۰۷) ۵۳۲، ۵۳۳، ۵۸۸
یون سپهر ۴۴۷
یون‌ها ۳۱۰، ۴۰۵، ۴۰۶، ۴۴۶، ۴۶۰، ۵۲۱

چه‌کسی، چه وقت، چه چیزی را، کشف کرد؟

این کتاب شـــما را با رشد و توسعه ایده‌های علمی ۵۰۰ سال گذشته و با بانیان این ایده‌ها آشنا می‌کند. در این کتاب ایده‌ها از حدود سال ۱۵۰۰ به بعد به ترتیب زمانی آمده است.

علم در حکم فعالیتی افزایشـــی و برهم‌کنشی ارائه می‌شود و حاصل کار پژوهشـــگران، معاصران و آیندگانشـــان را تغذیه می‌کند. حتـــی بزرگترین ذهن‌های علمـــی از نیوتون گرفته تا لاووازیه، پاستور و اینشتین، از حاصل کار دیگران بهره برده‌اند.

آدمی طی قرون به دفعات به راه خطا رفته اســـت. ایده‌هایی که در زمان‌های گوناگون از حمایت همگانی برخوردار بوده‌اند مثل جهان هســـتی زمین مرکز، نظریه‌ی فلوژیستون، اِتر و ... که بعدها نادرستی آن‌ها به اثبات رسیده.

چنانچه ســـری به پاسخ پرســـش‌ها علمی از جمله درباره‌ی آزمایش مایکلســـون - مورلی یا کارهـــای مندل یا... بزنید، از پیشرفت‌های علمی نیمه اول قرن بیستم آگاه می‌شوید: حوزه‌ی ذهنی خاصی چون تکوین ایده‌ی اتم یا استدلال‌های مربوط به سن کره زمین و... .

قیمت ۲۲۰۰۰ تومان
ISBN 600604314-9

انتشارات مازیار